

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 8

БГУИР КП 1–40 02 01 01 008 ПЗ

Студент:

В.С. Герасимович

Руководитель:

И.И. Глецевич

МИНСК 2025

Вариант	8
Объект	отдел испытаний машиностроительного предприятия
Здание	прямоугольное с соотношением сторон 1:1,5, двухэтажное, суммарная площадь одного этажа равна 200 м ²
Количество стационарных пользователей, количество стационарных подключений, количество мобильных подключений	условный заказчик не уверен
Сервисы	два востребованных прикладных сервиса
Прочие оконечные устройства	условный заказчик не уверен
Подключение к Internet	условный заказчик не уверен
Внешняя адресация IPv4, внутренняя адресация IPv4, адресация IPv6	внешний IPv4-адрес автоматически назначает провайдер, приватная подсеть, взаимодействие в рамках внутренней сети
Безопасность	базовая информационная защита
Надежность	защита от повышенной влажности
Финансы	полноценная коммерческая сеть
Производитель сетевого оборудования	условный заказчик не уверен
Дополнительные требования заказчика	нет

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Обзор литературы	5
1.1 Обзор сетевого оборудования MikroTik	5
1.2 Видеонаблюдение и системы печати	6
1.3 Защита оборудования от внешних факторов	7
2 Разработка структурной схемы	9
3 Разработка функциональной схемы	10
3.1 Обоснование выбора типа подключения к Internet	10
3.2 Обоснование выбора оборудования для защиты от влажности	10
3.3 Обоснование выбора пользовательской операционной системы	12
3.4 Обоснование выбора плоттера	12
3.5 Обоснование выбора пользовательских станций	13
3.6 Обоснование выбора мониторов	15
3.7 Обоснование выбора проектора	16
3.8 Обоснование выбора чёрно-белого принтера А4	17
3.9 Обоснование выбора компонентов системы видеонаблюдения	17
3.10 Обоснование выбора видеорегистратора	18
3.11 Обоснование выбора маршрутизатора	19
3.12 Обоснование выбора коммутатора	20
3.13 Обоснование выбора сервера	21
3.14 Обоснование выбора точки доступа	21
3.15 Расчёт качества связи беспроводной сети	22
3.16 Обоснование выбора телекоммуникационных шкафов	24
3.17 Схема адресации	25
3.18 Настройка маршрутизатора	26
3.18.1 Настройка VLAN	26
3.18.2 Настройка IP-адресов и DHCP	26
3.18.3 Настройка WAN	27
3.18.4 Настройка NAT и firewall	27
3.19 Настройка коммутаторов	28
3.19.1 Настройка коммутатора первого этажа	28
3.19.2 Настройка коммутатора второго этажа	29
3.20 Настройка ПК	29
3.21 Настройка web-сервера	30
3.21.1 Настройка сетевого интерфейса	31
3.21.2 Установка и настройка RADIUS для WPA2-Enterprise Wi-Fi	31
3.21.3 Настройка веб-сервиса онлайн-просмотра камер	32
3.21.4 Настройка веб-сервиса управления печатью (CUPS)	32
3.22 Настройка точек беспроводного доступа	32
3.22.1 Настройка CAPsMAN на роутере RB5009	33
3.22.2 Настройка точки доступа cAP ax	33
3.22.3 Дополнительные настройки безопасности и мониторинга	33

3.23 Настройка видеорегистратора и камер	33
3.24 Настройка принтеров	34
3.24.1 Настройка лазерного принтера.....	35
3.24.2 Настройка плоттера	35
3.24.3 Интеграция принтеров с CUPS на сервере.....	35
3.25 Настройка проектора.....	36
4 Проектирование структурированной кабельной системы.....	37
4.1 Обоснование выбора кабельного короба	37
4.2 Обоснование выбора информационных розеток.....	38
4.3 Размещение и монтаж оборудования	38
Заключение.....	39
Список использованных источников.....	40
Приложение А.....	42
Приложение Б	43
Приложение В.....	44
Приложение Г	45

ВВЕДЕНИЕ

Локальные компьютерные сети (ЛКС) играют ключевую роль в работе современных организаций, обеспечивая эффективное взаимодействие между стационарными, мобильными пользователями и доступ к информационным ресурсам. В рамках данного курсового проекта рассматривается задача проектирования ЛКС для отдела испытаний машиностроительного предприятия.

Организация расположена в прямоугольном двухэтажном здании с соотношением сторон 1:1,5. Каждый этаж имеет суммарную площадь 200 квадратных метров. Заказчик не может назвать точное количество рабочих мест и оборудования, поэтому необходимо рассчитать предполагаемое количество рабочих станций и обеспечить достаточное количество стационарных пользователей и подключений на все здание. Кроме того, несмотря на то, что заказчик не называет точных требований к оконечным устройствам, необходимо разместить дополнительное оконечное оборудование, как минимум принтеры, видеокамеры с системой хранения записей и персональные компьютеры для испытательного оборудования и сотрудников предприятия.

Важным аспектом проектирования является подключение к сети интернет, где условный заказчик выражает неопределенность относительно выбора провайдера. Внешняя адресация IPv4 предполагается автоматически назначаемой провайдером, в то время как внутренняя адресация IPv4 будет использовать приватную подсеть. IPv6 будет применяться для коммуникаций в рамках внутренней сети.

Основными требованиями заказчика являются базовая информационная защита сети, корректная работа сети в условиях повышенной влажности и упор на полноценную коммерческую сеть. Заказчик не выдвигал чётких требований по используемому оборудованию, поэтому, в связи с вышеперечисленными условиями, выбор конкретного производителя сетевого оборудования остается на усмотрение проектировщика, исходя из критериев стоимости, надежности и функциональности.

Цель проекта: разработка локальной компьютерной сети для отдела испытаний машиностроительного предприятия.

Задачи проекта:

1. Изучение материала по заданию на проект до начала выполнения проекта, как и дальнейшее изучение технологий по ходу выполнения проекта;
2. Разработка общей структуры сети, структурной схемы;
3. Выбор конкретных устройств, обоснование их выбора, описание настройки устройств, составление функциональной схемы;
4. Разработка структурированной кабельной системы, составление её схемы.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Обзор сетевого оборудования MikroTik

MikroTik – это ведущий поставщик сетевых решений, предлагающий широкий спектр продуктов и технологий для построения современных сетей. Компания известна своими высококачественными маршрутизаторами и коммутаторами, которые подходят как для малых, так и для крупных предприятий, а также для промышленных объектов с особыми требованиями к защите оборудования.

Коммутаторы MikroTik поддерживают различные скорости, включая Fast Ethernet, Gigabit Ethernet и более высокие скорости. Они предлагают множество функций управления сетью, включая VLAN, QoS и мониторинг трафика. Для промышленных объектов с повышенной влажностью особый интерес представляет серия netPower – коммутаторы с защитой от воздействия окружающей среды. Например, MikroTik netPower 16P (CRS318-16P-2S+OUT) – это управляемый коммутатор с 16 портами Gigabit Ethernet и 2 портами SFP+ для высокоскоростных соединений. Данная модель имеет степень защиты IP55, что обеспечивает устойчивость к воздействию пыли и влаги, а также поддерживает технологию Power over Ethernet (PoE) с общим бюджетом мощности 300 Вт. Коммутатор предназначен для эксплуатации в сложных условиях окружающей среды, включая промышленные объекты и наружные установки, благодаря расширенному диапазону рабочих температур от –40°C до +70°C.

MikroTik предлагает надежные маршрутизаторы, которые обеспечивают высокую производительность и поддерживают множество технологий маршрутизации и виртуальных частных сетей (VPN). Для использования в условиях повышенной влажности компания выпускает модели с промышленной защитой. Например, MikroTik RB5009UPr+S+OUT, это многофункциональный маршрутизатор со степенью защиты IP55, оснащенный 7 портами Gigabit Ethernet (из них 4 с поддержкой PoE-out), 1 портом 2.5G Ethernet и 1 портом SFP+. Устройство предназначено для эксплуатации в сложных условиях, включая промышленные помещения и наружные установки.

Компания MikroTik также предлагает решения для видеонаблюдения, включая маршрутизаторы и коммутаторы, которые могут интегрироваться с системами IP-видеонаблюдения. Коммутаторы с поддержкой PoE позволяют питать IP-камеры по одному кабелю Ethernet, что упрощает монтаж и снижает затраты на инфраструктуру. Эти устройства обеспечивают надежную передачу видеопотока и позволяют создавать системы мониторинга для обеспечения безопасности объектов.

Продукты MikroTik серий netPower и RB5009 разрабатываются с учетом защиты от влаги и неблагоприятных условий окружающей среды. Они имеют степень защиты IP55, что позволяет использовать их в условиях

повышенной влажности, обеспечивая надежную работу сети на промышленных объектах и в испытательных помещениях.

MikroTik предлагает средства для защиты сетей, включая встроенные функции брандмауэра, системы мониторинга и обнаружения вторжений. Эти инструменты помогают поддерживать безопасность сетевой инфраструктуры и защищать данные от внешних угроз.

Компания предоставляет программное обеспечение для управления сетью, мониторинга и диагностики сетевых устройств. MikroTik RouterOS – это мощная операционная система на базе ядра Linux, которая обеспечивает гибкость и возможности настройки для управления сетью. RouterOS поддерживает протоколы маршрутизации OSPF, BGP, MPLS, а также функции межсетевого экрана, NAT, VPN (IPsec, L2TP, WireGuard) и QoS. Для визуального управления сетью и мониторинга MikroTik предлагает утилиту The Dude, позволяющую отслеживать состояние всех устройств в сети.

Продукты MikroTik предназначены для различных рынков, включая малый и средний бизнес, образовательные учреждения, провайдеров услуг, промышленные предприятия и государственные организации, и ориентированы на обеспечение надежной, безопасной и эффективной работы сетей.

Учитывая специфику отдела испытаний машиностроительного предприятия с повышенной влажностью, продукция MikroTik является оптимальным выбором для построения сетевой инфраструктуры. Наличие моделей со степенью защиты IP55 позволяет размещать активное сетевое оборудование непосредственно в производственных помещениях без необходимости использования дополнительных защитных корпусов. Поддержка технологии PoE упрощает развёртывание системы видеонаблюдения, а мощные функции RouterOS обеспечивают гибкую настройку сети, включая сегментацию на VLAN, управление трафиком и базовую информационную защиту. Оптимальное соотношение цены, функциональности и надёжности делает MikroTik предпочтительным выбором для промышленных объектов с рациональным использованием бюджета.

1.2 Видеонаблюдение и системы печати

Современная локальная сеть является единой инфраструктурой для передачи не только данных пользователей, но и трафика критически важных систем. В рамках проекта я посчитал, что к прочему конечному оборудованию, исходя из специфики организации, можно отнести системы печати и видеонаблюдения.

Сетевые системы печати являются стандартным элементом офисной инфраструктуры. В отличие от локальных принтеров, подключаемых к конкретным компьютерам, сетевые принтеры обладают встроенным сетевым

интерфейсом Ethernet или Wi-Fi и получают собственный IP-адрес в рамках ЛКС. Это позволяет организовать общий доступ к печати для всех или группы пользователей, повышая гибкость и эффективность рабочих процессов. Для управления очередями заданий и разграничения прав доступа в бюджетных сетях часто используется встроенное программное обеспечение самих принтеров, что исключает необходимость в выделенном сервере печати и снижает общую стоимость владения.

Системы видеонаблюдения обеспечивают как физическую безопасность объекта, так и способствуют повышению пожарной безопасности, позволяя дистанционно мониторить состояние помещений на предмет возникновения нештатных ситуаций. Современные системы видеонаблюдения базируются на IP-технологиях. Принцип их работы заключается в следующем: IP-камера, являясь сетевым устройством, оцифровывает видеосигнал, кодирует его и передает в виде потока данных по протоколам TCP/IP через стандартную сетевую инфраструктуру.

Для проектирования такой системы необходим план помещений для определения зон покрытия и мест установки камер, а также выбор сетевого видеорегистратора (NVR). NVR предназначен для приема, записи, архивирования и управления видеопотоками с IP-камер. В отличие от гибридных регистраторов, NVR работает с данными, уже сжатыми на камере, что снижает нагрузку на само устройство.

Существуют несколько вариантов интеграции IP-камер системы видеонаблюдения в ЛКС предприятия. Например, камеры могут быть подключены к ЛКС как независимые устройства в сети. Это самый простой, но не самый эффективный вариант, так как управление и контроль доступа к видеопотоку затруднены. Кроме того, необходимо решить вопросы с питанием камер и организацией хранилища для сохраненных видеоданных.

Второй вариант интеграции предусматривает установку специального коммутатора в локальной сети для подключения камер, а также доступ к существующему или специально созданному файловому серверу. Это хорошее решение для систем видеонаблюдения с большим количеством камер и высокими требованиями к объему хранилища для файлов.

Третий вариант – размещение видеорегистратора в ЛКС. Это устройство объединяет функции коммутатора и специализированного файлового сервера для просмотра, записи и хранения видеопотоков от IP-камер.

1.3 Защита оборудования от внешних факторов

При проектировании локальной компьютерной сети отдела испытаний машиностроительного предприятия важным аспектом является надёжность работы сети в условиях эксплуатации. Надёжность определяется способностью оборудования и инфраструктуры обеспечивать стабильную работу без сбоев, даже при воздействии внешних факторов, таких как

перепады температуры, пыль или повышенная влажность. Особенно актуальна защита от влаги.

Активные устройства сети чувствительны к повышенной влажности. Избыточная влага может приводить к коррозии контактов, коротким замыканиям и выходу оборудования из строя. Для повышения надёжности применяются следующие меры:

1. Выбор оборудования с защитой от влаги. Некоторые модели имеют степень защиты IP или усиленные корпуса, устойчивые к конденсату и пыли. Даже бюджетные решения можно разместить в герметичных стойках с вентиляцией.

2. Размещение оборудования в сухих помещениях. Серверные стойки, маршрутизаторы и NAS рекомендуется устанавливать в отдельных помещениях с контролируемой температурой и влажностью.

3. Использование защитных шкафов и стоек. Металлические шкафы с вентиляцией и влагопоглощающими элементами повышают долговечность оборудования.

4. Мониторинг условий окружающей среды. Датчики температуры и влажности позволяют своевременно выявлять отклонения и предотвращать повреждения.

Не менее важна защита проводной сети. Кабели и разъёмы также подвержены негативному воздействию влаги, что может приводить к деградации сигнала и падению скорости передачи данных. Основные меры:

1. Выбор влагозащищённых кабелей. Для внутренних помещений используют витую пару категории 5е или 6 с оболочкой PVC или LSZH, устойчива к конденсату и не выделяет токсичных газов при нагреве.

2. Правильное размещение кабелей. Кабели прокладывают вдали от источников воды, используя кабельные каналы, гофры или трубы для защиты от брызг и конденсата.

3. Использование герметичных разъёмов и соединителей. Разъёмы RJ-45 устанавливаются в закрытые распределительные коробки, а для наружных соединений применяют соединители с IP-защитой.

Сочетание этих мер – выбор оборудования с защитой от влаги, правильное размещение активных устройств, применение герметичных кабелей и регулярный мониторинг – позволяет обеспечить долговечность и стабильность работы локальной сети даже в условиях повышенной влажности.

Для небольшого отдела испытаний машиностроительного предприятия акцент делается на рациональном размещении оборудования и использовании всех защитных средств, что позволяет в разы увеличить защиту, не снижая надёжность сети.

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

В данном разделе будет рассмотрена структура локальной сети.

Чертеж структурной схемы СКС представлен в приложении А.

Для того, чтобы спроектировать структуру сети, нужно рассмотреть планировку здания, в котором располагается организация.

По заданию организация размещается в здании прямоугольной формы с соотношением сторон 1:1,5 на двух этажах. Общая площадь каждого этажа составляет 200 квадратных метров.

Первый этаж предназначен для проведения испытаний продукции и размещения серверного оборудования. На этаже расположены испытательная лаборатория с шестью рабочими местами тестировщиков и серверная комната с сетевым оборудованием.

В испытательной лаборатории размещаются шесть персональных компьютеров для тестировщиков, выполняющих испытания продукции на специализированных станках. В лаборатории установлены шесть IP-камер видеонаблюдения для контроля процесса испытаний и обеспечения безопасности.

В серверной комнате находятся: кабельный модем для подключения к сети Интернет, маршрутизатор, коммутатор первого этажа и сетевой видеорегистратор. Всё активное сетевое оборудование размещается в телекоммуникационном шкафу со степенью защиты IP65.

Второй этаж предназначен для административного и инженерного персонала. На этаже расположены кабинет начальника отдела испытаний, кабинет инженеров, кабинет администратора сети и переговорная комната.

В кабинете начальника отдела установлена одна мощная рабочая станция и сетевой принтер формата A4 для печати документов и отчётов.

В кабинете инженеров размещены четыре мощных рабочих станции и сетевой плоттер формата A1 для печати чертежей и технической документации.

В кабинете администратора сети установлена одна рабочая станция для управления сетевой инфраструктурой и мониторинга системы видеонаблюдения. Здесь же размещается телекоммуникационный шкаф со степенью защиты IP65, в котором находится коммутатор второго этажа.

В переговорной комнате установлен сетевой проектор для проведения презентаций и совещаний.

Всего в сети предусмотрено 12 рабочих мест: 6 тестировщиков на первом этаже и 6 сотрудников на втором этаже (4 инженера, 1 начальник отдела, 1 администратор сети).

3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

В данном разделе будет представлено функциональное проектирование локальной сети для отдела испытаний машиностроительного предприятия. Функциональная схема СКС приведена в приложении Б.

3.1 Обоснование выбора типа подключения к Internet

В рамках разработки локальной вычислительной сети отдела испытаний машиностроительного предприятия необходимо определить оптимальный тип подключения к сети Internet. Условный заказчик не определил конкретный вариант, поэтому выбор осуществляется исходя из технических, эксплуатационных и экономических факторов, с учётом удалённого расположения объекта.

Разрабатываемая сеть относится к категории полноценных коммерческих сетей, что предполагает стабильное подключение с гарантированным качеством обслуживания, достаточной пропускной способностью и возможностью круглосуточной работы. Заказчик заинтересован в рациональном соотношении стоимости и надёжности, без избыточных расходов.

Технология ADSL2+ ограничена скоростью до 24 Мбит/с и сильно зависит от расстояния – не подходит для удалённого здания.

DOCSIS обеспечивает высокую скорость, но требует модема и коаксиальной инфраструктуры – менее предпочтительно для удалённого объекта с влажностью, из-за коррозии кабеля в том числе.

Наиболее оптимальным типом подключения является оптоволоконная линия FTTH/GPON. Оптоволокно передаёт данные световыми импульсами, обеспечивая симметричную скорость до 1-2.5 Гбит/с, низкий latency, устойчивость к расстоянию, помехам и влажности, что сочетает высокую надёжность, скорость и соответствует условиям эксплуатации.

3.2 Обоснование выбора оборудования для защиты от влажности

В отделе испытаний машиностроительного предприятия часть оборудования размещается в помещениях с повышенной влажностью, характерной для зон вблизи испытательных стендов и гидравлических установок. Влажность может вызвать коррозию контактов, короткое замыкание и выход из строя сетевых устройств, коммутаторов, камер видеонаблюдения и пользовательских станций. Для предотвращения этих проблем необходимо предусмотреть комплекс мер защиты.

Наиболее эффективными решениями являются: использование промышленных телекоммуникационных шкафов с герметизацией, применение влагостойких розеток RJ-45 с уплотнением, которые предотвращают окисление и короткое замыкание контактов при повышенной

влажности, а также выбор активного сетевого оборудования со встроенной защитой от влаги.

Таблица 3.1 – Сравнение шкафов и боксов для защиты оборудования от повышенной влажности

Характеристики	Rittal TE 7005.230	Hyperline TWB-FC-1266	Lanmaster TWS-1266
Степень защиты	IP54	IP55	IP65
Материал	Сталь с порошковым покрытием	Сталь с герметизирующими уплотнителями	Сталь, влагозащищённый корпус с резиновыми прокладками
Возможность установки вентиляции	Да	Да	Да
Допустимая влажность, %	85	90	95
Наличие замка	Да	Да	Да
Цена	1200 BYN	900 BYN	1000 BYN

Из таблицы 3.1 видно, что шкаф Lanmaster TWS-1266 со степенью защиты IP65 обеспечивает наивысшую степень защиты от влаги, допускает установку вентиляции и влагопоглотителя, рассчитан на эксплуатацию при влажности до 95% и имеет лучшую функциональность и надёжность для условий производственного помещения.

Помимо шкафов, для подключения оконечного оборудования в зонах с повышенной влажностью необходимо использовать промышленные розетки RJ-45 с герметизирующими уплотнениями.

Таблица 3.2 – Сравнение шкафов и боксов для защиты оборудования от повышенной влажности

Характеристики	Elecbee Waterproof	HARTING Han 3A RJ45	Telegärtner MFP8
Степень защиты	IP67	IP67	IP67
Категория кабеля	Cat.5e	Cat.6A	Cat.6A
Материал корпуса	Пластик	Металл + пластик	Металл
Тип монтажа, %	Накладной	Врезной/накладной	Врезной
Цена	20 BYN	130 BYN	180 BYN

Из таблицы 3.2 видно, что розетка HARTING Han 3A обеспечивает

степень защиты IP67, поддерживает кабель категории Cat.6A, имеет надёжный металлический корпус и оптимальное соотношение цены и качества для промышленного применения. Несмотря на более высокую стоимость по сравнению с бюджетным вариантом Elecbee, розетка HARTING обеспечивает совместимость с высокоскоростной сетью и долговечность в условиях повышенной влажности.

3.3 Обоснование выбора пользовательской операционной системы

На сегодняшний день самыми популярными операционными системами являются Windows, MacOS и Linux.

MacOS предназначена только для устройств Apple, которые отличаются высокой стоимостью, производительностью и несовместимостью с внешними устройствами. Учитывая, что наша сеть ориентирована на отдел испытаний, а производительность устройств Apple излишне для таковых задач, а так же требуется широкая совместимость с другими устройствами, то использование MacOS нецелесообразно и следует от него отказаться.

Большинство дистрибутивов Linux распространяются бесплатно и совместимы с большинством процессоров Intel, выпущенных за последние 30 лет. Учитывая, что персональные компьютеры будут использоваться для работы с нетребовательным тестовым, а также офисным программным обеспечением, мы рассматриваем только операционные системы с графическим интерфейсом. Среди популярных дистрибутивов Linux с графической оболочкой наиболее часто используются Ubuntu, Fedora и Mint. Они подходят для офисных работников, но стоит помнить, что наиболее распространённой операционной системой, которую обычные пользователи используют дома и в офисах, является Windows.

Сотрудники организации могут столкнуться с трудностями при знакомстве с незнакомой операционной системой, что отразится на их производительности. Поэтому наиболее разумным решением будет использовать операционную систему Windows 10. Таким образом, сотрудники смогут использовать программное обеспечение для испытаний на стендах, пакет Microsoft Office для отчётности, а также некоторые программы для расчётов и проектирования.

3.4 Обоснование выбора плоттера

Для отдела испытаний требуется широкоформатное устройство для печати чертежей и технической документации формата A1. Плоттер должен обеспечивать корректное воспроизведение масштабных чертежей, стабильную работу при средней нагрузке. Основные критерии выбора: формат печати (A1/24"), разрешение и качество печати, скорость, стоимость покупки и эксплуатации.

Таблица 3.3 – Сравнение вариантов плоттеров

Характеристики	HP DesignJet T230	Canon imagePROGRAF TM-200	Epson SureColor SC-T3100
Формат	A1 (24)	A1 (24)	A1 (24)
Разрешение	1200dpi	1200dpi	1440dpi
Особенности	Оптимизирован для CAD, поддержка HP-GL/2, быстрая печать линий	Высокая цветопередача, поддержка PostScript, долговечность чернил	Высокое разрешение для детализированных чертежей, низкое энергопотребление
Скорость	До 30 м ² /ч (черно-белая)	До 25 м ² /ч (черно-белая)	До 20 м ² /ч (черно-белая)
Преимущества	Сетевые возможности (Ethernet + Wi-Fi)	Надёжность и точность для архитектурных проектов	Экологичность и энергоэффективность, высокая детализация
Цена	2900 BYN	3200 BYN	4000 BYN

Исходя из таблицы 3.3 делаем вывод, что оптимальным выбором является HP DesignJet T230. Эта модель обеспечивает формат A1, достаточную точность линий для инженерных чертежей, имеет приемлемую скорость печати, поддерживает сетевые протоколы для интеграции в локальную сеть.

3.5 Обоснование выбора пользовательских станций

Отдел испытаний машиностроительного предприятия включает сотрудников с различными задачами: тестировщики занимаются мониторингом оборудования, заполнением отчётных форм и базовым анализом данных, в то время как инженеры работают с CAD-системами, сложными расчётами, моделированием и оптимизацией процессов. Администратор сети управляет инфраструктурой, мониторит трафик и обеспечивает безопасность. В связи с этим требуется в дальнейшем выбрать две категории пользовательских станций: базовые для тестировщиков и мощные для инженеров, админа и директора. Требования к пользовательским станциям: современные процессоры Intel (i3 для базовых, i5 для мощных), достаточная оперативная память (8-16 GB DDR4), быстрые SSD-накопители (256-512 GB). Нужно обеспечить быстрый запуск программ, стабильную работу без зависаний и возможность параллельной работы с несколькими окнами.

Таблица 3.4 – Сравнение базовых пользовательских станций

Характеристики	HP ProDesk 400	Lenovo ThinkCentre M70s
Процессор	Intel Core i3-12100	Intel Core i3-12100
Оперативная память	8 GB DDR4	8 GB DDR4
Конфигурация накопителя	SSD 256 Гб	SSD 256 Гб
Видеокарта	Интегрированная	Интегрированная
Цена	1200 BYN	1430 BYN

Из таблицы 3.4 видно, что модели имеют схожие характеристики, но HP ProDesk 400 выбран как оптимальный вариант: цена отличная, зарекомендованная долгим временем надёжность бренда HP с длительной гарантией и поддержкой. Так же в комплекте с этой пользовательской станцией поставляется специализированное программное обеспечение в виде Windows 10 и Kaspersky Security, что позволяет сэкономить ещё порядка 450 BYN на покупке лицензионных программных решений. А вот в Lenovo ThinkCentre M70s такого в комплекте нет, к тому же ещё и дороже и имеет аналогичную производительность, но хуже сервис в регионе. HP ProDesk 400 идеально подходит для задач тестировщиков без излишней переплаты.

В отличие от тестировщиков, инженеры на втором этаже работают с тяжёлым ПО, таким как: AutoCAD, SolidWorks, другие инженерные инструменты проектировки, расчёты в MATLAB и собственном ПО компании, а админ управляет сетью через WinBox, Zabbix и другие инструменты. Требуется процессор Intel Core i5 (6 ядер), 16 GB RAM и SSD 512 GB для многозадачности, быстрой загрузки больших файлов и стабильной работы под нагрузкой. Для CAD и 3D-моделирования добавлена дискретная видеокарта NVIDIA RTX 3060 (6 GB), чтобы обеспечить высокую производительность рендеринга и поддержки нескольких мониторов. Станции должны поддерживать несколько мониторов, иметь хорошую охлаждающую систему и быть совместимыми с корпоративным ПО.

Таблица 3.5 – Сравнение мощных пользовательских станций

Характеристики	HP ProDesk 600	Lenovo ThinkCentre M90s
Процессор	Intel Core i5-12100	Intel Core i5-12100
Оперативная память	16 GB DDR4	16 GB DDR4
Конфигурация накопителя	SSD 512 Гб	SSD 512 Гб
Видеокарта	NVIDIA RTX 3060	NVIDIA RTX 3060
Цена	2211 BYN	2534 BYN

Анализ таблицы 3.5 показывает, что HP ProDesk 600 является лучшим выбором для инженеров и системного администратора: цена, с учётом дискретной видеокарты, приемлемая в современных реалиях, аналоги без дискретной видеокарты немного дешевле, но имеют намного более низкую производительность, а это, в нашем случае, критично, устройство имеет неплохую расширяемость (дополнительные порты, слоты) и надёжный бренд с отличным сервисом, как говорилось выше. Lenovo ThinkCentre M90s значительно дороже и имеет аналогичную мощность, но хуже охлаждение под нагрузкой. Таким образом HP ProDesk 600 обеспечивает баланс цены и качества для сложных задач без компромиссов.

3.6 Обоснование выбора мониторов

Для обеспечения комфортной работы сотрудников отдела испытаний машиностроительного предприятия нужно выбрать мониторы с учётом специфики задач: тестировщики нуждаются в больших экранах для многозадачности, инженеры и директор – в точной цветопередаче и большом разрешении. Мониторы подключаются по HDMI/DisplayPort к ПК, с поддержкой Full HD/4K для деталей.

Тестировщики нуждаются в большом экране для многозадачности, QHD достаточно для чёткости без избыточной нагрузки на ПК. IPS-матрица для углов обзора, антиблик для лаборатории. Для сравнения были выбраны три монитора. Их характеристики описаны в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Сравнение мониторов для тестировщиков

Характеристики	LG 32QN600-B	Samsung ViewFinity S60UA	Dell S3222DGM
Разрешение	QHD	QHD	QHD
Яркость	350 кд/м ² / 1000:1	300 кд/м ² / 1000:1	350 кд/м ² / 1000:1
Диагональ	32"	32"	32
Подключение	HDMI, DP	HDMI, DP, USB	HDMI, DP
Матрица	IPS	IPS	VA
Цена	1000 BYN	1100 BYN	1000 BYN

Из таблицы 3.6, с учётом задач тестировщиков, оптимальным является монитор LG 32QN600-B. Он обеспечивает 32" QHD для нескольких окон, IPS для углов, антиблик и регулировку. Samsung близок, Dell дешевле, но для VA хуже углы.

Инженеры и директор работают с CAD-программами, техническими чертежами, схемами и отчётами, требуется высокая точность цветопередачи, 4K разрешение и эргономика для длительной работы. IPS-матрица обязательна для широких углов обзора. Сравнение мониторов в таблице 3.7

Таблица 3.7 – Сравнение мониторов для инженеров и директора

Характеристики	Dell UltraSharp U2720Q	BenQ PD2700U	ASUS ProArt PA278CV
Разрешение	4K UHD	4K UHD	QHD
Яркость	350 кд/м ² / 1000:1	350 кд/м ² / 1000:1	350 кд/м ² / 1000:1
Диагональ	27"	27"	27"
Подключение	HDMI, DP, USB	HDMI, DP, USB	HDMI, DP, USB
Матрица	IPS	IPS	IPS
Цена	1300 BYN	1500 BYN	1300 BYN

Из таблицы 3.7, с учётом задач инженеров и директора, оптимальным является монитор Dell UltraSharp U2720Q. Он обеспечивает 4K для высокой детализации, заводскую калибровку Delta E<2, полное покрытие sRGB/DCI-P3 и USB-C. BenQ близок, ASUS дешевле, но QHD слабее разрешение для CAD.

3.7 Обоснование выбора проектора

В отделе испытаний машиностроительного предприятия проектор необходим для проведения презентаций, демонстрации технических чертежей, отчётов и результатов испытаний в переговорной комнате. Он должен обеспечивать высокую яркость для комфортного просмотра в условиях дневного света, хорошее разрешение для отображения деталей, поддержку сетевых возможностей для интеграции в локальную сеть (управление по IP, без HDMI-кабеля). Важны также энергоэффективность, надёжность и доступность расходных материалов (лампы). Для сравнения были выбраны три проектора. Их характеристики описаны в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Сравнение проекторов

Характеристики	Epson EB-W52	BenQ MW535	Optoma X316
Разрешение	WXGA (1280×800)	WXGA (1280×800)	XGA (1024×768)
Яркость	4 000 лм	3 300 лм	4 000 лм
Контрастность	16 000:1	13 000:1	20 000:1
Подключение	HDMI, USB, VGA, RJ-45	HDMI, USB, VGA	HDMI, VGA
Энергопотребление	310 Вт	270 Вт	310 Вт
Цена	2200 BYN	1900 BYN	1700 BYN

Исходя из таблицы 3.8, с учётом требований отдела испытаний к качеству демонстраций, сетевой интеграции (для управления проектором по сети без прямого подключения), оптимальным выбором является проектор Epson EB-W52. Он обеспечивает высокую яркость и разрешение для

презентаций технических чертежей, один из немногих проекторов, который поддерживает Ethernet для управления по IP, является надёжной техникой, что делает его идеальным для переговорной комнаты в условиях производства.

3.8 Обоснование выбора чёрно-белого принтера A4

Для удовлетворения потребностей сотрудников в печати рабочих документов и отчётов в административных помещениях второго этажа, важно обеспечить быструю, качественную и сетевую печать. В связи с этим, следует выбирать лазерные принтеры, так как они обладают более высокой скоростью печати по сравнению со струйными моделями, обеспечивают отличное качество текстовых документов и имеют низкие эксплуатационные затраты на тонер. Кроме того, учитывая условия повышенной влажности в здании, предпочтительны модели с устойчивостью к окружающей среде (до 80% влажности без конденсата). Для сравнительного анализа были рассмотрены принтеры, представленные в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Сравнение принтеров

Характеристики	Brother HL-L2370DW	HP LaserJet Pro M404dn	Pantum P2507
Скорость печати	36 стр/мин	38 стр/мин	22 стр/мин
Разрешение	1200 dpi	1200 dpi	1200 dpi
Подключение к сети	Да	Да	Нет
Цена	380 BYN	1000 BYN	340 BYN

Из таблицы 3.9 видно, что принтер Brother HL-L2370DW наделён наиболее оптимальным набором характеристик: высокая скорость печати, поддержка сети (Ethernet и Wi-Fi для общего доступа), устойчивость к влажности и низкие затраты на расходники (тонер до 3000 страниц). Несмотря на немного более высокую цену по сравнению с бюджетным Pantum P2507, Brother обеспечивает совместимость с коммерческой сетью на базе MikroTik и долговечность в промышленных условиях, поэтому именно он и был выбран для размещения в кабинете начальника отдела.

3.9 Обоснование выбора компонентов системы видеонаблюдения

Для обеспечения контроля процесса испытаний продукции, физической безопасности и мониторинга помещений в условиях повышенной влажности (зоны гидравлических стендов и испытательной лаборатории на первом этаже), предусмотрена IP-система видеонаблюдения на 6 камер. Система интегрируется с коммутаторами MikroTik netPower 16P (IP55, PoE 300 Вт),

что позволяет питать камеры и передавать данные по одному кабелю Cat.6 F/UTP LSZH (влагостойкая оболочка). Это упрощает монтаж, снижает затраты и обеспечивает совместимость с RouterOS. Камеры оснащены встроенными микрофонами для аудио-мониторинга станков и шумов, чтобы исключить ложные срабатывания ИИ системы. Для сравнительного анализа рассмотрены модели в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Сравнение IP-камер для промышленных условий

Характеристики	IP-камера Dahua DH-IPC-HDBW3841E-AS	Hikvision DS-2CD2347G2-LU
Разрешение	8 МП (4К)	4МП
Корпус	Купольная (скрытое направление)	Купольная
Защита	IP67 + IK10	IP67
PoE/Mic	Да	Да
Подсветка	ИК до 30м	ColorVu
ИИ	WizSense (SMD 4.0, высокая точность)	AcuSense
Цена	300 BYN	400 BYN

Из таблицы 3.10 видно, что камера Dahua DH-IPC-HDBW3841E-AS из серии WizSense обладает наиболее оптимальным набором характеристик для промышленного применения: разрешение 8 МП для детального контроля испытаний, полная влагозащита IP67 + ударостойкость IK10 (защита от вандализма и механических воздействий в лаборатории), встроенный микрофон для аудио-мониторинга и продвинутый ИИ (SMD 4.0 для фильтрации ложных тревог от пара и влаги). Купольный корпус делает направление объектива менее очевидным для потенциальных злоумышленников. Несмотря на схожие характеристики с Hikvision DS-2CD2347G2-LU (ColorVu для съёмки ночью), Dahua предпочтительнее по отзывам для высокой влажности и интеграции с PoE MikroTik.

3.10 Обоснование выбора видеорегистратора

Для записи, хранения и управления видеопотоками от 6 IP-камер Dahua DH-IPC-HDBW3841E-AS в системе видеонаблюдения, нужно выбрать сетевой видеорегистратор с поддержкой PoE, высокого разрешения и отказоустойчивого архива. Это обеспечивает надёжное хранение записей примерно от 30 до 60 дней, локальный доступ и интеграцию с PoE-коммутатором MikroTik netPower 16P. Для сравнительного анализа рассмотрены модели в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Сравнение сетевых видеорегистраторов (NVR) для 6-8 камер

Характеристики	Dahua NVR5216-16P-I	Hikvision DS-7608NI-K2/8P
Количество каналов	16	8
Разрешение	12 МП	8 МП
PoE	16/200Вт	8/120Вт
HDD/RAID	2 SATA(20T6) RAID0/1/5/6/10	2 SATA(20T6) RAID0/1
ИИ	WizSense (SMD, интеграция с камерами)	AcuSense
Цена	1000 BYN	800 BYN

Из таблицы 3.11 видно, что видеорегистратор Dahua NVR5216-16P-I обладает наиболее оптимальным набором характеристик для проекта: поддержка 16 каналов с PoE, встроенный RAID-массив, совместимость с камерами WizMind и эффективное сжатие H.265+. Несмотря на схожие характеристики с Hikvision DS-7616NI-I2/16P, Dahua предпочтительнее по экосистеме WizMind и отзывам за стабильность в промышленных установка.

3.11 Обоснование выбора маршрутизатора

Для выполнения функций граничного шлюза, с учётом условий повышенной влажности в здании и размещения в серверной комнате первого этажа, выбран маршрутизатор с высокой производительностью, поддержкой PoE для интеграции с коммутаторами и камерами, а также гибкостью RouterOS v7 для сегментации сети. Это обеспечивает надёжность в промышленной среде, SFP+ для подключения к интернету без модема по оптоволоконному кабелю и полноценную коммерческую функциональность. Для сравнительного анализа рассмотрены модели в таблице 3.12.

Таблица 3.12– Сравнение маршрутизаторов MikroTik

Характеристики	MikroTik RB5009UPr+S+IN	MikroTik RB4011iGS+RM
Порты	7 × Gigabit + 1 × 2.5 GbE	10 × Gigabit + 1 SFP+
SFP	1 x G	1 x G
PoE	До 130Вт	Нет
CPU/RAM	Quad-core ARM 1.4 GHz / 1 GB	Quad-core AL21400 1.4 GHz / 1 GB
Питание	24-57В	DC 12В
Защита	Нет	Нет
Цена	800 BYN	900 BYN

Из таблицы 3.12 видно, что маршрутизатор MikroTik RB5009UPr+S+IN обладает наиболее оптимальным набором характеристик: обширный PoE-out, 2.5 GbE порт для будущего роста, 10 вариантов питания и высокая производительность. Несмотря на схожие характеристики с RB4011iGS+RM, у RB5009UPr+S+IN предпочтительнее по PoE-возможностям и современному чипсету.

3.12 Обоснование выбора коммутатора

Для обеспечения коммутации на втором уровне, поддержки VLAN, PoE-питания камер видеонаблюдения и точки доступа Wi-Fi, а также работы в условиях повышенной влажности, должен быть выбран удалённо управляемый коммутатор с промышленной защитой от влаги и промышленной пыли, достаточным количеством портов и высоким PoE-бюджетом, что позволит подключить 6 камер Dahua, точку доступа сAP ах, ПК и периферию с запасом портов.. Для сравнительного анализа рассмотрены модели в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Сравнение коммутаторов

Характеристики	MikroTik netPower 16P	MikroTik CRS326-24G-2S+RM
Количество портов	16 x Gbe 2 x SFP+	24 x Gbe 2 x SFP+
Пропускная способность	36 Гбит/с	88 Гбит/с
Скорость пересылки пакетов	53,6 Mpps	65 Mpps
Поддержка 802.1Q	Да	Да
Поддержка PoE	Да (300Вт)	Нет
Защита	IP55	Indoor
Цена	1000 BYN	800 BYN

Из таблицы 3.13 видно, что коммутатор MikroTik netPower 16P обладает наиболее оптимальным набором характеристик для проекта: 16 Gigabit портов с PoE-out, промышленная защита IP55, 2 SFP+ для uplink/reserve и поддержка VLAN. Несмотря на схожие характеристики с CRS326-24G-2S+RM, netPower 16P предпочтительнее по PoE-возможностям, что критично для камер Dahua и сAP ах без доп. инжекторов и защите от влажности.

Это решение обеспечивает L2-коммутацию с PoE, VLAN-изоляцию и масштабируемость в виде свободных SFP+. Коммутатор не требует отдельного питания для камер, точки, дополняя многоуровневую защиту от влажности.

3.13 Обоснование выбора сервера

Для реализации WPA2-Enterprise аутентификации Wi-Fi, централизованного хранения данных, двух прикладных веб-сервисов: онлайн-просмотр видеонаблюдения и управление сетевой печатью, а также поддержки локальных взаимодействий, требуется выбрать сервер с достаточной производительностью, надёжностью и возможностью работы в условиях повышенной влажности. Сервер обеспечивает отказоустойчивость, низкое энергопотребление и интеграцию с MikroTik. Для сравнительного анализа рассмотрены модели в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Сравнение серверов для малого предприятия

Характеристики	Intel NUC 13 Pro i5	HP ProLiant MicroServer Gen10+
Процессор	Intel Core i5-1340P (12 ядер, 4.6 GHz)	AMD Ryzen V1500B (4 ядра, 2.2 GHz)
RAM	64 ГБ DDR4	64 ГБ DDR4
HDD/RAID	2 × M.2 SSD + 1 × 2.5" SATA RAID 0/1	4 × 3.5" HDD + 2 × M.2 RAID 0/1/5/10
Порты	2 × 2.5 GbE	2 × Gigabit
Потребление	60-120Вт	100-200Вт
Защита	IP65	Indoor
Цена	1200 BYN	1500 BYN

Из таблицы 3.14 видно, что сервер Intel NUC 13 Pro i5 обладает наиболее оптимальным набором характеристик для проекта: мощный процессор, компактность, 2.5 GbE порты и достаточный объём RAM. Несмотря на схожие характеристики с HP ProLiant MicroServer Gen10 Plus, NUC предпочтительнее по цене, компактности и энергоэффективности, что критично для здания с повышенной влажностью.

3.14 Обоснование выбора точки доступа

Для обеспечения беспроводного доступа в переговорной комнате второго этажа с максимальной нагрузкой до 12 мобильных устройств во время онлайн-совещаний, а также контроля системы видеонаблюдения с телефона директора, выбираем точку доступа с поддержкой Wi-Fi 6, PoE-питанием и централизованным управлением CAPsMAN для интеграции с маршрутизатором MikroTik RB5009UPr+S+IN. Точка должна размещаться потолочно, подключаться с PoE от коммутатора. Для сравнительного анализа рассмотрены модели в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Сравнение точек доступа

Характеристики	MikroTik cAP ax	MikroTik wAP ax
Частота	2,4 и 5 ГГц	2,4 и 5 ГГц
Стандарт IEEE 802.11	ax	ax
Стандарты IEEE 802.3	af/at	af/at
Максимальная скорость	До 1774 Мбит/с	До 1774 Мбит/с
Максимальная потребляемая мощность от PoE, Вт	12	15
Безопасность	WPA3/VLAN	WPA3/VLAN
Покрытие	До 300м ²	До 150м ²
Максимальное пиковое усиление 2,4 ГГц / 5 ГГц, дБи	5,5 / 6	2,5 / 7
Цена	350 BYN	450 BYN

Из таблицы 3.15 видно, что точка доступа MikroTik cAP ax обладает наиболее оптимальным набором характеристик для проекта: поддержка Wi-Fi 6 с высокой скоростью, PoE-питание, централизованное управление CAPsMAN и достаточное покрытие для второго этажа (~200 м²). Несмотря на схожие характеристики с wAP ax, cAP ax предпочтительнее по дизайну и способу монтажа. Это решение обеспечивает Wi-Fi покрытие для доступа до 12 устройств одновременно, безопасность и масштабируемость. Точка не требует отдельного питания.

3.15 Расчёт качества связи беспроводной сети

Для обеспечения беспроводного доступа в переговорной комнате второго этажа (максимальная нагрузка до 12 мобильных устройств), необходимо рассчитать покрытие беспроводной сетью помещений второго этажа. Межэтажные перекрытия из железобетона значительно ослабляют сигнал, поэтому расчёты проводятся в рамках одного этажа.

Будем считать, что соседние здания находятся на расстоянии, достаточном для того, чтобы беспроводные сети, организованные в них, не влияли на разрабатываемую сеть.

Для расчёта затухания радиоволн в беспрепятственной воздушной среде используем упрощённую формулу:

$$L = 32,44 + 20 \lg(F) + 20 \lg(D), \text{ дБ}, \quad (3.1)$$

где F – частота сигнала в ГГц, D – расстояние в метрах от точки доступа.

Здание имеет прямоугольную форму с соотношением сторон 1:1,5. Для

минимизации расстояния для всех возможных пользователей, точка размещается в центре этажа, на потолке.

Высоту потолка примем равной 3 м. Рассчитаем расстояние до нижнего угла помещения:

$$D = \sqrt{l^2 + w^2 + h^2} = \sqrt{3^2 + 17,3^2 + 11,5^2} = 10,8 \text{ м}, \quad (3.2)$$

где l – длина, w – ширина, h – высота.

Рассчитаем затухание радиоволн $L_{2,4}$ для частоты 2,4 ГГц L_5 для частоты 5 ГГц по формуле (3.1):

$$L_{2,4 \text{ макс}} = 32,44 + 20 \lg(2,4) + 20 \lg(10,8) = 60,74 \text{ дБ}; \quad (3.3)$$

$$L_{5 \text{ макс}} = 32,44 + 20 \lg(5) + 20 \lg(10,8) = 67,14 \text{ дБ.}; \quad (3.4)$$

Необходимо учесть затухание сигнала при прохождении конструкционных элементов здания. Внутренние стены состоят из кирпича/гипсокартон, максимальное количество препятствующих стен равно двум. Таким образом, затухание радиоволн при прохождении через стены: $L_{2,4 \text{ макс. ст.}} = 2 * 7 = 14 \text{ дБ}$. $L_{5 \text{ макс. ст.}} = 2 * 18 = 36 \text{ дБ}$.

Согласно документации, мощность излучения точки на частоте 2,4 ГГц составляет 26 дБм, на частоте 5 ГГц – 23 дБм. Усиление антенн $U_{2,4} = 6 \text{ дБи}$, $U_5 = 5,5 \text{ дБи}$. Тогда минимальная мощность сигнала, с соответствующими частоте индексами, $S_{2,4}$, S_5 в самой удаленной точке помещения исходя из мощности передатчика $P_{2,4}$, P_5 будет равна:

$$S_{2,4} = P_{2,4} + U_{2,4} - L_{2,4 \text{ макс}} - L_{2,4 \text{ макс ст.}} = 26 \text{ дБм} + 6 \text{ дБи} - 60,74 \text{ дБ} - 14 \text{ дБ} = -42,74 \text{ дБм.}; \quad (3.5)$$

$$S_5 = P_5 + U_5 - L_{5 \text{ макс}} - L_{5 \text{ макс ст.}} = 23 \text{ дБм} + 5,5 \text{ дБи} - 67,14 \text{ дБ} - 36 \text{ дБ} = -74,64 \text{ дБм.} \quad (3.6)$$

Качество обслуживания беспроводных клиентов напрямую зависит от мощности сигнала в точке обслуживания и может быть оценена по следующей шкале:

- до -30 дБм – идеальный сигнал;
- от -30 до -50 дБм – отличный сигнал;
- от -50 до -60 дБм – комфортный сигнал для большинства задач;
- -67 дБм – минимальный уровень сигнала для HD-видео и голосовой связи;
- до -70 дБм – слабый сигнал, достаточный для email и легкого интернет-серфинга;

– от -70 до -80 дБм – сигнал нестабильный, возможна передача коротких текстовых сообщений;

– до -90 дБм – сигнала почти нет, пользоваться сетью почти невозможно.

По результатам расчетов получается, что минимальная мощность Wi-Fi сигнала на этаже при размещении единственной точки доступа в середине этажа будет находиться в диапазоне от -42 дБм до -74 дБм, что, учитывая специфику использования беспроводных устройств только в помещении для инженеров, директора и переговорной, обеспечивает достаточный уровень сигнала для проведения видео-конференций.

3.16 Обоснование выбора телекоммуникационных шкафов

Для защиты активного сетевого оборудования от физического воздействия, пыли, влаги и несанкционированного доступа в условиях повышенной влажности здания, должны быть выбраны настенные телекоммуникационные шкафы с высокой степенью защиты. Необходимо обеспечить вентиляцию, замок и герметичность, предотвращая конденсат и коррозию. Для сравнительного анализа рассмотрены модели в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Сравнение телекоммуникационных шкафов

Характеристики	Lanmaster TWS-1266-GP-RAL9004	Hyperline TWB-FC-1266	Rittal TE 7005.230
Защита	IP65	IP55	IP54
Вентиляция	Активная	Пассивная	Пассивная
Замок	Ключевой	Ключевой	Ключевой
Полезная глубина, мм	600	500	550
Вес, кг	25	20	28
Материал	Сталь 1,5 мм с прокладками	Сталь 1,2 мм	Сталь 1,5 мм
Цена	800 BYN	800 BYN	1000 BYN

Из таблицы 3.16 видно, что шкаф Lanmaster TWS-1266-GP-RAL9004 обладает наиболее оптимальным набором характеристик для проекта: высшая степень защиты IP65, активная вентиляция (вентиляторы в комплекте), сталь 1.5 мм с антикоррозийным покрытием и варианты 12U/6U для этажей. Несмотря на схожие характеристики с Hyperline TWB-FC-1266, Lanmaster предпочтительнее по максимальной защите IP65 и глубине. Rittal TE 7005.230 надёжен, но дороже и IP54. Это решение дополняет многоуровневую защиту от влажности, безопасность и удобство монтажа в сочетании с гландами для кабелей, для дополнительной защиты.

3.17 Схема адресации

Исходя из перечня оборудования и ролей пользователей, подсеть разделена на 5 VLAN для сегментации трафика и обеспечения базовой информационной защиты. Первая VLAN предназначена для стационарных устройств сотрудников (ПК и сетевых принтеров, плоттера). Вторая – для беспроводных подключений (Wi-Fi в переговорной комнате, мобильные устройства во время совещаний). Третья – для системы видеонаблюдения (камеры Dahua и NVR). Четвёртая – для административных устройств (маршрутизатор, коммутатор, ПК админа). Пятая – для сервера (RADIUS для WPA2-Enterprise и веб-сервисы). При этом запрещён выход в интернет для VLAN видеонаблюдения и сервера (firewall правила на маршрутизаторе для соответствующих подсетей), а также доступ мобильных подключений (VLAN Wi-Fi) к ресурсам офиса и видеонаблюдения.

Выбрана приватная подсеть 155.175.0.0/16. Разбиение выполнено с учётом количества устройств: /27 для офиса, /28 для видео, /29 для админ. IPv6 используется для внутренних взаимодействий (ULA fd00:155:175::/48 с /64 на VLAN). Адреса подсетей представлены в таблице 3.17.

Для стационарных устройств (6 ПК + принтер/плоттер) выделена подсеть 155.175.0.0/27.

Для беспроводных подключений (до 12 устройств одновременно) – 155.175.0.32/27.

Для системы видеонаблюдения (6 камер Dahua + NVR) – 155.175.0.64/28.

Для административных устройств (роутер, коммутатор, ПК админа) – 155.175.0.80/29.

Для сервера (RADIUS для WPA2-Enterprise и веб-сервисы) – 155.175.0.88/29.

Таблица 3.17 – Схема адресации сетей

Назначение	VLAN	Адрес подсети	Маска подсети/ Префикс
Стационарные подключения	10	155.175.0.0	255.255.255.224
		fd00:155:175:1::	/64
Беспроводная	20	155.175.0.32	255.255.255.224
		fd00:155:175:2::	/64
Видеонаблюдения	30	155.175.0.64	255.255.255.240
		fd00:155:175:3::	/64
Административная	40	155.175.0.80	255.255.255.248
		fd00:155:175:4::	/64
Сервер	50	155.175.0.88	255.255.255.248
		fd00:155:175:5::	/64

3.18 Настройка маршрутизатора

3.18.1 Настройка VLAN

```
/interface bridge add name=bridge-local comment="Локальный bridge
для VLAN"
/interface      vlan      add      name=vlan10-office      vlan-id=10
interface=bridge-local
/interface vlan add name=vlan20-wifi vlan-id=20 interface=bridge-
local
/interface      vlan      add      name=vlan30-video      vlan-id=30
interface=bridge-local
/interface      vlan      add      name=vlan40-admin      vlan-id=40
interface=bridge-local
/interface      vlan      add      name=vlan50-server      vlan-id=50
interface=bridge-local
/interface bridge port add bridge=bridge-local interface=ether2-
ether8 pvid=10 comment="Офис порты (ПК + принтеры) "
/interface bridge port add bridge=bridge-local interface=ether9
pvid=20 comment="Wi-Fi точка cAP ax"
/interface bridge port add bridge=bridge-local interface=ether10-
ether15 pvid=30 comment="Камеры Dahua"
/interface bridge port add bridge=bridge-local interface=ether1
pvid=40 comment="Админ + сервер"
/interface bridge port add bridge=bridge-local interface=sfp-
sfpplus1 ingress-filtering=yes frame-types=admit-only-vlan-tagged
comment="Uplink к провайдеру (WAN, untagged) "
```

3.18.2 Настройка IP-адресов и DHCP

```
/ip address add address=155.175.0.1/27 interface=vlan10-office
comment="Офис"
/ip address add address=155.175.0.33/27 interface=vlan20-wifi
comment="Wi-Fi"
/ip address add address=155.175.0.65/28 interface=vlan30-video
comment="Видео"
/ip address add address=155.175.0.81/29 interface=vlan40-admin
comment="Админ"
/ip address add address=155.175.0.89/29 interface=vlan50-server
comment="Сервер"
/ip pool add name=pool-office ranges=155.175.0.2-155.175.0.30
/ip pool add name=pool-wifi ranges=155.175.0.34-155.175.0.62
/ip pool add name=pool-video ranges=155.175.0.66-155.175.0.78
/ip pool add name=pool-admin ranges=155.175.0.82-155.175.0.86
/ip pool add name=pool-server ranges=155.175.0.90-155.175.0.94
/ip dhcp-server add name=dhcp-office interface=vlan10-office
address-pool=pool-office
/ip dhcp-server add name=dhcp-wifi interface=vlan20-wifi address-
pool=pool-wifi
/ip dhcp-server add name=dhcp-video interface=vlan30-video
address-pool=pool-video
/ip dhcp-server add name=dhcp-admin interface=vlan40-admin
address-pool=pool-admin
/ip dhcp-server add name=dhcp-server interface=vlan50-server
address-pool=pool-server disabled=no
/ip dhcp-server network add address=155.175.0.0/27
gateway=155.175.0.1 dns-server=8.8.8.8 comment="Офис"
```

Настройка адресов IPv6:

```
/ipv6 address add address=fd00:155:175:1::1/64 interface=vlan10-office advertise=yes
/ipv6 address add address=fd00:155:175:2::1/64 interface=vlan20-wifi advertise=yes
/ipv6 address add address=fd00:155:175:3::1/64 interface=vlan30-video advertise=yes
/ipv6 address add address=fd00:155:175:4::1/64 interface=vlan40-admin advertise=yes
/ipv6 address add address=fd00:155:175:5::1/64 interface=vlan50-server advertise=yes
/ipv6 nd add interface=all advertise-dns=yes
```

Адреса интерфейсов роутера и маски для каждой из подсетей представлены в таблице 3.18.

Таблица 3.18 – Схема адресации маршрутизатора

Назначение	VLAN	Адрес подсети	Маска подсети/ Префикс
Стационарные подключения	10	155.175.0.1	255.255.255.224
		fd00:155:175:1::1	/64
Беспроводная	20	155.175.0.33	255.255.255.224
		fd00:155:175:2::1	/64
Видеонаблюдения	30	155.175.0.65	255.255.255.240
		fd00:155:175:3::1	/64
Административная	40	155.175.0.81	255.255.255.248
		fd00:155:175:4::1	/64
Сервер	50	155.175.0.89	255.255.255.248
		fd00:155:175:5::1	/64

3.18.3 Настройка WAN

```
/interface set sfp-sfpplus1 name=wan comment="Оптоволокно от провайдера"
/ip dhcp-client add interface=wan disabled=no comment="Автоматический IPv4 от провайдера"
```

3.18.4 Настройка NAT и firewall

```
/ip firewall nat add chain=srcnat action=masquerade out-interface=wan comment="NAT для офиса/Wi-Fi/админ"
/ip firewall filter add chain=forward action=accept src-address=155.175.0.0/27 dst-address-list=allowed comment="Офис полный доступ"
add chain=forward action=accept src-address=155.175.0.32/27 dst-address=155.175.0.0/27 comment="Wi-Fi к офису (ограничено)"
add chain=forward action=drop src-address=155.175.0.32/27 dst-address=155.175.0.64/28 comment="Wi-Fi нет к видео"
add chain=forward action=drop src-address=155.175.0.64/28 out-interface=wan comment="Видео нет в интернет"
```

```

add chain=forward action=drop src-address=155.175.0.88/29 out-
interface=wan comment="Сервер нет в интернет"
add chain=input action=accept connection-
state=established,related
add chain=input action=drop comment="Drop invalid"

```

3.19 Настройка коммутаторов

Выдадим адреса устройствам административной подсети в соответствии с таблицей 3.19.

Таблица 3.19 – Адреса устройств для административной подсети.

Устройство	IP адрес	Маска подсети
Router	155.175.0.81	255.255.255.248
	fd00:155:175:4::1	/64
Switch1	155.175.0.82	255.255.255.248
	fd00:155:175:4::2	/64
Switch2	155.175.0.83	255.255.255.248
	fd00:155:175:4::3	/64
Admin-PC	155.175.0.84	255.255.255.248
	fd00:155:175:4::4	/64
Server	155.175.0.85	255.255.255.248
	fd00:155:175:4::5	/64

3.19.1 Настройка коммутатора первого этажа

Создаем VLAN:

```

/system identity set name=Switch1-Floor1
/interface bridge add name=bridge1 vlan-filtering=yes
comment="Bridge с VLAN"
/interface bridge port
add bridge=bridge1 interface=ether1-ether6 pvid=30
comment="Камеры Dahua (access VLAN 30)"
add bridge=bridge1 interface=ether7-ether12 pvid=10 comment="Офис
ПК + принтеры (access VLAN 10)"
add bridge=bridge1 interface=ether13 pvid=40 comment="Сервер или
админ (access VLAN 40)"
add bridge=bridge1 interface=ether16 ingress-filtering=yes frame-
types=admit-only-vlan-tagged comment="Uplink к роутеру (trunk)"
/interface bridge vlan
add bridge=bridge1 vlan-ids=10 tagged=ether16 untagged=ether7-
ether12
add bridge=bridge1 vlan-ids=20 tagged=ether16
add bridge=bridge1 vlan-ids=30 tagged=ether16 untagged=ether1-
ether6
add bridge=bridge1 vlan-ids=40 tagged=ether16 untagged=ether13
add bridge=bridge1 vlan-ids=50 tagged=ether16
/ip address add address=155.175.0.82/29 interface=bridge1
comment="Админ IP коммутатора"

```

```
/interface ethernet poe set ether1-ether6 poe-out=auto-on
comment="PoE для камер"
```

Port security для админ-порта:

```
/interface ethernet set ether13 comment="Админ/сервер"
/port security add port=ether13 mac-address-limit=1 action=drop
comment="Только разрешённые MAC"
```

3.19.2 Настройка коммутатора второго этажа

Создаем VLAN:

```
/system identity set name=Switch2-Floor2
/interface bridge add name=bridge2 vlan-filtering=yes
comment="Bridge с VLAN"

/interface bridge port
add bridge=bridge2 interface=ether1-ether10 pvid=10 comment="Офис
ПК + принтеры (access VLAN 10)"
add bridge=bridge2 interface=ether11 pvid=20 comment="сАР ax Wi-
Fi (access VLAN 20)"
add bridge=bridge2 interface=ether12 pvid=40 comment="Админ ПК
(access VLAN 40)"
add bridge=bridge2 interface=ether16 ingress-filtering=yes frame-
types=admit-only-vlan-tagged comment="Uplink к поутеру (trunk)"

/interface bridge vlan
add bridge=bridge2 vlan-ids=10 tagged=ether16 untagged=ether1-
ether10
add bridge=bridge2 vlan-ids=20 tagged=ether16 untagged=ether11
add bridge=bridge2 vlan-ids=30 tagged=ether16
add bridge=bridge2 vlan-ids=40 tagged=ether16 untagged=ether12
add bridge=bridge2 vlan-ids=50 tagged=ether16

/ip address add address=155.175.0.83/29 interface=bridge2
comment="Админ IP коммутатора"

/interface ethernet poe set ether11 poe-out=auto-on comment="PoE
для сАР ax"
```

Port security для админ-порта:

```
/interface ethernet set ether12 comment="ПК админа"
/port security add port=ether12 mac-address-limit=1 action=drop
comment="Только разрешённые MAC"
```

3.20 Настройка ПК

Для ПК требуется настроить статическую IPv4 и IPv6 маршрутизацию. Адреса ПК представлены в таблице 3.20.

Таблица 3.20 – Адреса ПК.

Устройство	IP адрес	Маска подсети
Engineer-PC1	155.175.0.8	255.255.255.224
	fd00:155:175:1::8	/64
Engineer -PC2	155.175.0.9	255.255.255.224
	fd00:155:175:1::9	/64
Engineer-PC3	155.175.0.10	255.255.255.224
	fd00:155:175:1:10	/64
Engineer -PC4	155.175.0.11	255.255.255.224
	fd00:155:175:1::11	/64
Manager-PC	155.175.0.12	255.255.255.224
	fd00:155:175:1::12	/64
Tester-PC1	155.175.0.2	255.255.255.224
	fd00:155:175:1:2	/64
Tester -PC2	155.175.0.3	255.255.255.224
	fd00:155:175:1::3	/64
Tester -PC3	155.175.0.4	255.255.255.224
	fd00:155:175:1::4	/64
Tester -PC4	155.175.0.5	255.255.255.224
	fd00:155:175:1::5	/64
Tester -PC5	155.175.0.6	255.255.255.224
	fd00:155:175:1::6	/64
Tester -PC6	155.175.0.7	255.255.255.224
	fd00:155:175:1::7	/64
Admin-PC	155.175.0.84	255.255.255.248
	fd00:155:175:4::4	/64

Настройка адресов IPv4 и IPv6 на ПК с Windows производится по следующему алгоритму:

1. Зайти в свойства Ethernet.
2. Выбрать IP версии 4 (TCP/IP), нажать кнопку «Свойства». Выбрать поле «Использовать следующий IP-адрес», заполнить поля «IP-адрес» и «Маска подсети» соответствующими адресами из таблицы 3.20.

В поле «Основной шлюз» ввести IPv4 адрес центрального маршрутизатора.

3. Настройка IPv6 аналогична IPv4, только нужно выбрать IP версии 6 (TCP/IP), и в окне настройки ввести IPv6 адреса ПК и маршрутизатора.

3.21 Настройка web-сервера

На сервере (Ubuntu Server 24.04 LTS) реализуются два прикладных веб-сервиса предприятия: централизованный онлайн-просмотр системы видеонаблюдения (проху-доступ к потокам Dahua NVR для ПК директора и

мобильных устройств) и управление сетевой печатью (web-интерфейс CUPS для принтера Brother HL-L2370DW и плоттера HP DesignJet T230). Кроме того, на сервере развернут RADIUS-сервер для WPA2-Enterprise аутентификации Wi-Fi. Сервер размещается в шкафу Lanmaster IP65 серверной первого этажа, подключён к коммутатору netPower 16P. IP-адрес сервера – 155.175.0.85/29, шлюз – 155.175.0.81, выход в интернет запрещён firewall роутера для безопасности. Настройка выполняется через SSH/консоль после установки ОС.

3.21.1 Настройка сетевого интерфейса

Статическая настройка IPv4 и IPv6 (Netplan для Ubuntu Server).

Создать/редактировать файл /etc/netplan/01-netcfg.yaml:

```
network:
  version: 2
  renderer: networkd
  ethernets:
    eth0:
      addresses:
        - 155.175.0.85/29
        - fd00:155:175:5::85/64
      routes:
        - to: default
          via: 155.175.0.81
      nameservers:
        addresses: [8.8.8.8, 8.8.4.4]
# DNS только если нужен (сервер без интернета)
```

Применить командой: `sudo netplan apply`

Это обеспечивает статический адрес в VLAN 50, шлюз к роутеру и локальную IPv6.

3.21.2 Установка и настройка RADIUS для WPA2-Enterprise Wi-Fi

Установка:

```
sudo apt update
sudo apt install freeradius
```

Настройка пользователей:

```
sudo nano /etc/freeradius/3.0/users
```

Добавить:

```
admin Cleartext-Password := "strongpassword"
Reply-Message = "Welcome admin"
```

Тестировать:

```
sudo freeradius -X # Debug mode
```

Интеграция с cAP ax: в CAPsMAN роутера указать RADIUS сервер 155.175.0.85, shared secret.

Это обеспечивает WPA2-Enterprise (аутентификация по логину/паролю) для Wi-Fi VLAN 20.

3.21.3 Настройка веб-сервиса онлайн-просмотра камер

Установка Nginx:

```
sudo apt install nginx
```

Создать конфиг проху:

```
sudo nano /etc/nginx/sites-available/cameras.conf
```

```
server {  
    listen 80;  
    server_name cameras.local;  
  
    location / {  
        proxy_pass http://155.175.0.66:80; # IP NVR в VLAN 30  
        proxy_set_header Host $host;  
        proxy_set_header X-Real-IP $remote_addr;  
    }  
}
```

Активировать:

```
sudo ln -s /etc/nginx/sites-available/cameras.conf  
/etc/nginx/sites-enabled/  
sudo nginx -t  
sudo systemctl restart nginx
```

Доступ: <http://155.175.0.85> (или hostname) с ПК директора (VLAN 10) или Wi-Fi (VLAN 20).

Это обеспечивает первый прикладной сервис: онлайн-просмотр камер через web (проху к NVR Dahua).

3.21.4 Настройка веб-сервиса управления печатью (CUPS)

Установка CUPS:

```
sudo apt install cups
```

Настройка принтеров (Brother + HP через web CUPS <http://localhost:631>):

```
sudo usermod -aG lpadmin $USER # Для админа
```

Добавить принтеры в CUPS web (IP принтера/плоттера в VLAN 10).

Веб-интерфейс CUPS доступен по <http://155.175.0.85:631> (ограничить firewall роутера для VLAN 10/20).

Это обеспечивает второй прикладной сервис: управление очередями печати, статусом Brother/HP через web (CUPS interface).

Настройка завершена: сервер в VLAN 50, RADIUS для Wi-Fi, два веб-сервиса (камеры + печать) для предприятия.

3.22 Настройка точек беспроводного доступа

Для обеспечения беспроводного доступа в переговорной комнате второго этажа, используется точка доступа MikroTik cAP ax. Точка подключается по PoE от коммутатора netPower 16P (порт в VLAN 20), управляется централизованно через CAPsMAN на маршрутизаторе RB5009UPr+S+IN. Это обеспечивает покрытие ~200 м² этажа, высокую скорость (до 1774 Мбит/с aggregate), безопасность (WPA2-Enterprise от RADIUS-сервера). Настройка выполняется через Winbox или CLI. Точка получает IP по DHCP в VLAN 20.

3.22.1 Настройка CAPsMAN на роутере RB5009

CAPsMAN на роутере обеспечивает единые SSID, безопасность и обновления для сАР ах.

CLI команды:

```
/interface wifi capsman set enabled=yes
/interface wifi configuration add name=cfg-office ssid="Office-
WiFi" security=WPA3-Enterprise eap-methods=peap radius-
server=155.175.0.85 radius-secret="strongsecret" vlan-id=20
/interface wifi capsman interface add configuration=cfg-office
/interface wifi provisioning add action=create-enabled master-
configuration=cfg-office
```

Это активирует CAPsMAN: точка сАР ах авто-подключится (discovery по broadcast).

3.22.2 Настройка точки доступа сАР ах

По умолчанию сАР ах в CAP mode (auto discover CAPsMAN). Если standalone – настройка локально.

CLI для CAP mode:

```
/interface wifi set [find] disabled=no mode=cap
configuration.manager=capsman
```

Если standalone (без CAPsMAN):

```
/interface wifi configuration add name=cfg-office ssid="Office-
WiFi" security=WPA3-Enterprise eap-methods=peap radius-
server=155.175.0.85 radius-secret="strongsecret" vlan-id=20
/interface wifi set [find] configuration=cfg-office
```

Это обеспечивает WPA2-Enterprise (аутентификация от сервера VLAN 50), VLAN 20 (гостевая с интернетом, ограничена от офиса/видео firewall роутера) и покрытие.

3.22.3 Дополнительные настройки безопасности и мониторинга

RADIUS интеграция: На сервере FreeRADIUS (VLAN 50) добавить пользователей (логин/пароль для Wi-Fi).

Firewall роутера: Ограничить VLAN 20 от VLAN 10/30 (меж-VLAN drop кроме необходимого).

Мониторинг: В Winbox CAPsMAN → Registrations

Настройка завершена: точка в VLAN 20, WPA2-Enterprise, CAPsMAN для централизации.

3.23 Настройка видеорегистратора и камер

Система видеонаблюдения состоит из 6 IP-камер Dahua DH-IPC-HDBW3841E-AS и видеорегистратора Dahua NVR5216-16P-I с поддержкой RAID. Камеры подключаются по PoE от коммутатора netPower 16P (VLAN 30) NVR подключается uplink к коммутатору (VLAN 30). Настройка выполняется через веб-интерфейс устройств. Firewall роутера блокирует интернет для VLAN 30. Доступ к видео локальный или через веб-прокси на

сервере VLAN 50 для директора.

Настройка камер Dahua. Камеры получают IP по DHCP от роутера в VLAN 30 или статически. Доступ по умолчанию admin/admin.

Через веб-интерфейс камеры установить следующие значения. Вход <http://IP-камеры>. System Network TCP/IP установить статический IP (155.175.0.70-0.75), маска /28, шлюз 155.175.0.65. System Account сменить пароль admin. Video установить разрешение 8 МП, H.265+, битрейт 4-6 Мбит/с. AI SMD включить фильтр движения от пара/влаги. Network Port RTSP 554, HTTP 80. Event IVS правила тревог по линии пересечения.

Через Dahua ConfigTool на ПК в VLAN 30. Скан сети, поиск камер, batch modify IP диапазон 155.175.0.70-0.75.

Настройка NVR Dahua NVR5216-16P-I. NVR IP статический 155.175.0.65/28. Доступ web <http://155.175.0.65>.

Через веб-интерфейс NVR камеры установить следующие значения. Вход admin/admin, сменить пароль. Network TCP/IP статический IP 155.175.0.65/28, шлюз локальный. Storage RAID создать RAID 1/5 для 2 HDD отказоустойчивость. Camera Remote Device auto search, add all камеры ONVIF. Storage Schedule непрерывная запись H.265+, overwrite при заполнении. AI Parameters включить WizMind SMD от камер. System Account добавить пользователя director для просмотра. Network P2P отключить локально без облака.

Через SmartPSS на ПК директора VLAN 10. Add NVR IP 155.175.0.65, live view все камеры.

Интеграция с сетью и защитой. Доступ web NVR локально VLAN 30 или проху через сервер VLAN 50 для директора по Wi-Fi VLAN 20. Firewall роутера drop out-interface=wan src-address=155.175.0.64/28 видео без интернета. Мониторинг Dahua app на телефоне директора Wi-Fi VLAN 20.

Настройка завершена камеры в NVR, запись с AI/RAID, доступ для директора web/app. Тест live view, запись, тревоги.

Это обеспечивает полный цикл видеонаблюдения PoE от коммутатора, локальный архив RAID, контроль с мобильного Wi-Fi. Масштабируемо, добавление камер в NVR.

3.24 Настройка принтеров

Для обеспечения сетевой печати в здании используются два устройства: лазерный принтер Brother HL-L2370DW и плоттер HP DesignJet T230. Оба устройства подключаются по Ethernet к коммутатору netPower 16P (VLAN 10), получают статический IP для стабильности и управляются через веб-интерфейс или CUPS на сервере VLAN 50. Настройка включает сетевые параметры, безопасность (пароль admin) и интеграцию с CUPS для единого управления заданиями (веб <http://155.175.0.85:631>). Доступ к печати из VLAN 10 офис и VLAN 20 Wi-Fi.

3.24.1 Настройка лазерного принтера

Подключить принтер кабелем Ethernet к коммутатору порт VLAN 10. По умолчанию принтер получает IP по DHCP найти его в роутере или через Brother утилиту. Открыть браузер на любом ПК в сети ввести текущий IP принтера. Войти в веб-интерфейс логин admin пароль по умолчанию access или пустой сменить сразу на сильный например 12 символов. Перейти в раздел Network Wired TCP/IP. Выбрать Boot Method Static. Заполнить IP Address 155.175.0.20 Subnet Mask 255.255.255.224 Gateway 155.175.0.1 DNS Primary 8.8.8.8 вторичный 8.8.4.4. Нажать Submit и подтвердить перезагрузку принтера. В разделе Administrator сменить пароль на сильный. В Protocol включить IPP порт 631 для сетевой печати. Отключить Wi-Fi WLAN Off использовать только Ethernet. В Print Settings указать Paper Size A4 по умолчанию Duplex Off если не нужно двусторонняя. Принтер готов добавить в Windows Принтеры и сканеры Добавить принтер по IP IPP `ipp://155.175.0.20`.

3.24.2 Настройка плоттера

Подключить плоттер кабелем Ethernet к коммутатору порт VLAN 10. По умолчанию DHCP найти IP на экране плоттера или в роутере. Открыть браузер ввести IP плоттера. Войти в Embedded Web Server EWS логин admin пароль по умолчанию пустой или admin сменить на сильный сразу. Перейти в Networking Wired 802.3 IPv4 Configuration. Выбрать Manual. Заполнить IP Address 155.175.0.21 Subnet Mask 255.255.255.224 Default Gateway 155.175.0.1 Preferred DNS 8.8.8.8. Нажать Apply плоттер перезагрузится. В Security сменить Administrator Password на сильный. В Networking Protocols включить IPP и IPPS безопасная печать. Опционально включить HP Web Jetadmin для мониторинга. В Printing Media Size указать A1/A0 по умолчанию проверить Ink Settings. Плоттер готов добавить в CAD-программах AutoCAD по IP IPP `ipp://155.175.0.21`.

3.24.3 Интеграция принтеров с CUPS на сервере

На сервере VLAN 50 Ubuntu CUPS уже установлен командой `apt install cups`. Открыть браузер на ПК админа ввести `http://155.175.0.85:631` логин админ сервера. Перейти в Administration Add Printer Network Printer IPP. Для Brother указать Location `ipp://155.175.0.20/ipp/print` Name Brother-OFFICE Driver Generic PCL или Brother PPD. Для HP указать Location `ipp://155.175.0.21/ipp/print` Name HP-Plotter Driver HP DesignJet PPD. Включить Share This Printer общий доступ. Разрешить печать из VLAN 10 и VLAN 20 настроить firewall роутера порт 631 к серверу. Теперь печать через CUPS web очереди пауза приоритеты доступ для офиса и Wi-Fi директор/инженеры.

3.25 Настройка проектора

Подключить проектор кабелем Ethernet к коммутатору порт VLAN 20 или включить Wi-Fi для сАР ах. По умолчанию DHCP найти IP на экране проектора или в роутере. Открыть браузер ввести IP проектора. Войти в Embedded Web Server EWS логин admin пароль по умолчанию пустой или admin сменить на сильный сразу. Перейти в Networking Wired 802.3 IPv4 Configuration. Выбрать Manual. Заполнить IP Address 155.175.0.50 Subnet Mask 255.255.255.224 Default Gateway 155.175.0.33 Preferred DNS 8.8.8.8. Нажать Apply проектор перезагрузится. В Security сменить Administrator Password на сильный. В Networking Protocols включить AirPlay и Chromecast для беспроводной проекции. В Projection Wireless LAN On SSID Office-WiFi WPA2-Enterprise RADIUS от сервера VLAN 50. В Projection Settings включить Ceiling mount для потолочного монтажа. Проверить Projection AirPlay/Chromecast mirroring с телефона/ПК директора.

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В проектируемой локальной компьютерной сети, система кабельной инфраструктуры будет реализована путем укладки витой пары, которая будет проходить под подвесным потолком. Кабели будут протягиваться по стенам и проходить через кабельные короба, чтобы достичь информационных розеток, расположенных у пола рядом с конечными устройствами. Кабели между этажами будут проходить по кабельным шахтам. Также, кабели системы видеонаблюдения будут проложены по зданию аналогичным способом.

Центральные сетевые устройства, включая маршрутизатор, коммутаторы, сервер и сетевой видеорегиистратор, размещаются в телекоммуникационных шкафах, для защиты от повышенной влажности и физических воздействий, на первом этаже в серверной комнате. На втором этаже в шкафу комнаты системного администратора размещается коммутатор второго этажа. Точка беспроводного доступа закреплена на потолке в переговорной комнате второго этажа с помощью комплектного монтажного набора для обеспечения равномерного покрытия и оптимального беспроводного соединения. Кабели от коммутаторов к камерам и точке доступа скрыты в коробах, розетки у конечных устройств защищены от влаги.

На плане здания отображено расположение информационных розеток, сетевого оборудования и прокладки кабелей.

С планом этажей можно ознакомиться в приложении В.

4.1 Обоснование выбора кабельного короба

Для монтажа кабелей используются пластиковые кабель-каналы. Перед их выбором, необходимо рассчитать площадь сечения короба. Номинальный диаметр кабеля F/UTP LSZH Cat.6 равен 6,5 мм. При расчёте учтём увеличение диаметра на 10%. Используем следующую формулу:

$$S_{\text{расч}} = \pi \cdot \left(\frac{1,1d}{2}\right)^2 = 3,14 \cdot \left(\frac{1,1 \cdot 6,5}{2}\right)^2 = 40,13 \text{ мм}^2. \quad (4.1)$$

Обычно рассчитывается, что кабели занимают 50% площади поперечного сечения короба. С учётом этого рассчитаем необходимую площадь сечения короба:

$$S_N = \frac{N \cdot S_{\text{расч}}}{0,5}, \quad (4.2)$$

где S_N – расчётная площадь поперечного сечения короба для N кабелей. В коробе может находиться от 1 до 12 проводов.

Рассчитав площади по формуле, получим, что для укладки от 1 до 5 проводов требуется короб размерами 25х16, для укладки от 6 до 8 проводов требуется короб размерами 25х25, от 9 до 12 проводов 40х25 соответственно.

Для удобства монтажа, будет использоваться короб 40х25 на первом этаже и 25х25 на втором.

При изучении предлагаемых на рынке кабельных коробов был выбран Кабель-канал с двойным замком и из негорючих материалов 25х25 «Промрукав» PR.0625251 и 40х25 PR.0540251.

4.2 Обоснование выбора информационных розеток

Для обеспечения подключения устройств к сети в условиях повышенной влажности необходимо предоставить защищённый доступ к кабелю. Удобным и надёжным решением для этой цели является установка информационных розеток RJ-45 с высокой степенью защиты IP67. В качестве оптимального варианта выбрана модель HARTING Han 3A RJ45 Cat.6 IP67, которая обеспечивает герметичность от брызг и конденсата, удобный монтаж и совместимость с Cat.6 F/UTP LSZH кабелем. Это позволяет размещать розетки на высоте 30 см от пола у ПК, принтеров и плоттера без риска повреждения от влаги в лаборатории и офисе.

4.3 Размещение и монтаж оборудования

На первом этаже, в специально предназначенном помещении, будет установлен телекоммуникационный шкаф X1, в котором будет размещено следующее оборудование: коммутатор SW1, маршрутизатор R1, сервер S1 и видеорегистратор NVR1.

На втором этаже в кабинете системного администратора будет установлен телекоммуникационный шкаф X2, в котором будет размещен коммутатор SW2.

В проектируемой локальной компьютерной сети кабельная система будет реализована путем прокладки витой пары в кабельном коробе, который будет расположен под фальшь-потолком. Помещения могут быть подвержены электромагнитным помехам, поэтому для кабельной системы используем экранированный кабель Cat.6 F/UTP LSZH.

Для подключения конечного оборудования будут использоваться наружные розетки F/UTP категории 6. Информационные розетки будут установлены на высоте 30 см от пола рядом с местами, где будут находиться конечные устройства.

Точка доступа, как и проектор, будут закреплены на потолке с помощью монтажного набора, поставляемого в комплекте. Точка доступа и камеры наблюдения будут подключены к коммутатору с использованием технологии PoE.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсовой работы была разработана локальная компьютерная сеть для отдела испытаний машиностроительного предприятия, расположенного в удалённом двухэтажном здании с повышенной влажностью. В процессе работы были получены практические и теоретические знания в области проектирования современных локальных сетей с учётом промышленных условий эксплуатации.

Был проведен анализ рынка сетевого оборудования, изучены стандарты и требования к защите от влажности, помех и физических воздействий, а также сравнение множества вариантов активного и пассивного оборудования различных категорий. В результате проектирования были разработаны структурная схема сети, функциональная схема сети, схема адресации, расчёт качества беспроводной связи, а также план этажей здания.

Был составлен перечень необходимого оборудования и материалов, включающий маршрутизатор, коммутаторы, сервер, систему видеонаблюдения, точку доступа, принтер, плоттер, проектор, мониторы и пассивное оборудование. Вся выбранная техника соответствует высоким стандартам качества, надёжности и устойчивости к влажности.

Для защиты оборудования от повышенной влажности и пыли использованы шкафы IP65, розетки IP67 и экранированные кабели LSZH категории 6. Была реализована система видеонаблюдения с AI-фильтрацией для обеспечения безопасности и мониторинга испытаний.

Так как проектировалась полноценная коммерческая сеть для промышленного объекта, оборудование выбиралось с учётом баланса стоимости и функциональности, при этом решения не выбирались по принципу самого дорогого. Выбор рационально обоснован: некоторые компоненты достаточно высокой стоимости, однако без них сеть не соответствовала бы условиям эксплуатации в здании с повышенной влажностью и помехами от тестового оборудования.

Для разграничения трафика и базовой информационной защиты использовалась технология VLAN с ограничениями firewall роутера. Реализованы два прикладных веб-сервиса на сервере: онлайн-просмотр камер и управление печатью через CUPS.

Полученная компьютерная сеть будет легко обслуживаться, а также ее можно будет расширять и масштабировать при необходимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Сайт производителя сетевого оборудования MikroTik [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://mikrotik.com/> – Дата доступа: 25.09.2025
- [2] Спецификация маршрутизатора RB5009UPr+S+IN [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://mikrotik.com/product/rb5009upr_s_in – Дата доступа: 30.09.2025
- [3] Спецификация коммутатора netPower 16P [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://mikrotik.com/product/netpower_16p – Дата доступа: 05.10.2025
- [4] Спецификация точки доступа cAP ax [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://mikrotik.com/product/cap_ax – Дата доступа: 10.10.2025
- [5] Документация MikroTik по настройке VLAN [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Interface/Bridge> – Дата доступа: 15.10.2025
- [6] Документация MikroTik по CAPsMAN [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:CAPsMAN> – Дата доступа: 20.10.2025
- [7] Сайт производителя Dahua Technology [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.dahuasecurity.com/> – Дата доступа: 25.10.2025
- [8] Спецификация камеры DH-IPC-HDBW3841E-AS [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.dahuasecurity.com/products/All-Products/Network-Cameras/WizSense-Series> – Дата доступа: 30.10.2025
- [9] Спецификация NVR5216-16P-I [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.dahuasecurity.com/products/All-Products/Network-Video-Recorders> – Дата доступа: 05.11.2025
- [10] Руководство по настройке CUPS в Ubuntu [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://ubuntu.com/server/docs/printing-cups> – Дата доступа: 10.11.2025
- [11] Документация FreeRADIUS [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://freeradius.org/documentation/> – Дата доступа: 15.11.2025
- [12] Спецификация принтера Brother HL-L2370DW [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.brother-usa.com/products/hll2370dw> – Дата доступа: 20.11.2025
- [13] Спецификация плоттера HP DesignJet T230 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.hp.com/us-en/shop/pdp/hp-designjet-t230-24-in-printer> – Дата доступа: 25.11.2025

[14] Спецификация проектора Epson EH-TW6250 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.epson.eu/en_EU/products/projectors/home-cinema/eh-tw6250 – Дата доступа: 30.11.2025

[15] Каталог мониторов LG QHD [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.lg.com/us/monitors> – Дата доступа: 05.12.2025

[16] Спецификация мониторов Dell UltraSharp [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.dell.com/en-us/shop/monitors> – Дата доступа: 10.12.2025

[17] Каталог телекоммуникационных шкафов Lanmaster [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://lanmaster.ru/catalog/shkafy-nastennye/> – Дата доступа: 12.12.2025

[18] Спецификация розеток HARTING Han 3A RJ45 IP67 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.harting.com/DE/en-gb/han-3a-rj45> – Дата доступа: 12.12.2025

[19] Онлайн-каталог Onliner.by (оборудование в РБ) [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://catalog.onliner.by/> – Дата доступа: 12.12.2025

[20] Онлайн-каталог Chipdip.by (электронные компоненты в РБ) [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.chipdip.by/catalog> – Дата доступа: 12.12.2025

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