

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

кафедра Технологии автоматизации систем

«Допущен к защите»
Заведующий кафедрой Радченко А.С. к.т.н. Профессор
(Ф.И.О., ученая степень, звание)
« » 20 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Управление сетью Wi-Fi в Алматы на основе системы "Байконур"

Специальность 36.04.19-Радиотехника, электроника, телекоммуникации

Выполнил (а) Радкова Вислентина Олеговна
(Фамилия и инициалы) группа

Научный руководитель Ст. пр-р. каф. ТАС Трофимов А.Г.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)

Консультанты:

по экономической части:

Доцент каф. ЭОиУП, Боканово Т.И.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 05 20 16 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

Ст. пр-р. Белибеков А.Г.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« 30 » май 2016 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники:

к.т.н. ст. пр-р. ТАС Баранова Ю.И.
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« 31 » май 2016 г.
(подпись)

Демидова Г. Д ст. пр-р
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« 2 » июль 2016 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Демидова Г. Д ст. пр-р
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« 2 » июль 2016 г.
(подпись)

Рецензент: _____
(Фамилия и инициалы, ученая степень, звание)
« » 20 г.
(подпись)

Алматы 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Радиотехники и связи
Специальность Радиотехника, электроника и телекоммуникации
Кафедра Телекоммуникационных систем

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Редкова Виктория Олеговна
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Организация сети Wi-Fi в Алматы на территории «Вайкомур»

утверждена приказом ректора № 149 от «19» октября 20 15 г.
Срок сдачи законченной работы «25» мая 20 16 г.
Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Беспроводная сеть; Стандарт Wi-Fi; Скорость Wi-Fi;
Оборудование для организации Wi-Fi; Интерфейсы для
Wi-Fi; Базовые станции для радиотехники Wi-Fi; Выбор базовой
станции для организации сети Wi-Fi; Выбор антенны;
Выбор кабеля и расчет его длины; Расчет зоны обслуживания
мощности; Расчет эффективной излучаемой и принимаемой
мощности; Расчет микроволновых устройств; Расчет
мощности излучаемого сигнала; Расчет канальной
загрузки; Расчет эксплуатационных расходов; Расчет доходов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Пример установки и шифрования WEP; Подключение шифрования WPA; Установка шифрования WPA2; Виртуальная станция W-Fi; Станция "Райкомур"; Место размещения технической комнаты в метро; Схема прокладки кабелей; Расчет эффективности цифровой шумоустойчивости; Схема настройки программного обеспечения; Антенна Ubiquiti AirMax Sector 2G; Виртуальная станция Wivat

Рекомендуемая основная литература

Исмаилов К.С., Тарханова Ю.М. Технологии беспроводной SD связи W-Fi Учебное пособие, Алматы 2009.
 Сидор В.Г., Сидор Н.А., Коммунальные сети, в-е издание. Функции, технологии, протоколы Учебник для вузов. М.: Высш. шк., 2008.
 Бакланов Н.И., Киселев Н.И., Терехова В.Д. Организация связи на предприятии связи и охраны окружающей среды. Москва: Радио и связь, 2010.
 Бадиков К.В., Ишбаева Р.А., Бабит А.А. Методические указания по выполнению тематического задания выпускной работы бакалавров - Алматы, АНУБ, 2009.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БМД	Билибетова А.С.	01.04-30.05.16г.	С.Б.
Бизнес план	Боканова Т.М.	01.04-25.05.16г.	Т.М.
Вопрос техника	Евдокимов И.И.	30.05.16г.	И.И.
Нормативы	Демидов Г.Д.	2.6.2016	Г.Д.
Техническая часть	Богомолов А.В.	25.05.2016	А.В.

ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1.	Выбор проектного материала	15.11.15 - 15.12.15	
2.	Подготовка проектной заявки дипломного проекта	09.01.16 - 10.02.16	
3.	Выбор стандарта W-Fi. Выбор технического оборудования	12.02.16 - 02.03.16	
4.	Выбор кабеля и расчет его длины	05.03.16 - 12.03.16	
5.	Расчет проективной мощности подключаемой мощности	15.03.16 - 19.03.16	
6.	Расчет реального коэффициента	20.03.16 - 14.04.16	
7.	Анализ условий труда: микроклимата, световых условий, расчет искусственного освещения и тепловой безопасности	15.04.16 - 28.04.16	
8.	Технико-экономическое обоснование проекта Бундескман	01.05.16 - 25.05.16	

Дата выдачи задания « 15 » сентября 20 15 г.

Заведующий кафедрой

(подпись)

(Фамилия и инициалы)

Руководитель

(ПОДПИСЬ)

(Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент

(подпись)

(Фамилия и инициалы)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жұмыста Алматы қаласының «Байқоңыр» метро станциясында Wi-Fi желісін түсініктемесі және қолдау құрылымын ұйымдастыру жоспары көрсетілген. Желі нүктесі, антенна, кабель жүргізілген. Құрал-жабдықтың негізгі техникалық параметрлері есептелген. Бұл жұмыста өмір тіршілік қауыпсіздігі жайында жазылған және бұл жобаны еңгізу туралы техника-экономикалық түсініктеме жүргізілді.

Аннотация

В данной дипломной работе приведен план и обоснование организации сети Wi-Fi в Алматинском метрополитене на станции «Байконур». Был произведен выбор точки доступа, антенны, кабеля. Рассчитаны основные технические параметры оборудования. В работе также описаны меры безопасности жизнедеятельности и разработано технико-экономическое обоснование внедрения данного проекта.

Annotation

In this work is the outline of the organization and support of Wi-Fi network in the Almaty subway on "Baikonur" station. Select the access point has been made, the antenna cable. Calculated basic technical parameters of the equipment. The paper also describes the health and safety measures and developed a feasibility study of the project implementation.

Содержание

Введение	8
1 Теоретическая часть дипломной работы	9
1.1 Беспроводная сеть	9
1.2 Стандарты Wi-Fi	10
1.3 Скорости Wi-Fi	15
1.4 Оборудование для организации Wi-Fi	17
1.4.1 Маршрутизаторы	18
1.4.2 Беспроводные сетевые адаптеры	20
1.4.3 Точка доступа	21
1.4.4 Кабели и порты	22
1.5 Шифрование сети Wi-Fi	22
1.6 Виды базовых станций	25
1.7 Базовые станции для раздачи Wi-Fi	27
1.8 Выбор базовой станции для организации сети Wi-Fi	29
1.8.1 Характеристики	33
1.9 Выбор антенны	34
2 Расчетная часть дипломного проекта	35
2.1 Характеристики объекта	35
2.1.1 История строительства станции «Байконыр»	37
2.1.2 Ближайшие объекты от станции «Байконыр»	37
2.2 Описание выбранного оборудования	38
2.3 Установка оборудования и его настройка	39
2.3.1 Установка оборудования	39
2.3.2 Настройка оборудования	43
2.3.3 Настройка программного обеспечения	44
3 Техническая расчетная часть	44
3.1 Выбор кабеля и расчет его длины	44
3.2 Расчет эффективной изотропной излучаемой мощности	46
3.3 Расчет зоны действия сигнала	47
3.4 Расчет дальности работы Wi-Fi в зависимости от мощности передатчика и усиления антенны	50
4 Безопасность жизнедеятельности	51
4.1 Анализ условий труда обслуживающего персонала при эксплуатации технического оборудования	51
4.2 Параметр микроклиматических условий	53
4.3 Расчет системы искусственного освещения помещения	55
4.4 Анализ пожарной безопасности	57
4.5 Вывод	59
5 Бизнес план	59
5.1 Резюме	59
5.2 Краткое описание проекта	60
5.3 Характеристика предлагаемого продукта	60

5.4	Стратегия маркетинга	61
5.5	Финансовый план	61
5.5.1	Расчет капитальных затрат	61
5.5.2	Расчет эксплуатационных расходов	63
5.5.3	Расчет доходов	66
5.6	Вывод по экономической части	70
	Заключение	71
	Список литературы	72
	Приложение А Таблица технических характеристик	74
	Приложение Б Расчет произведенный в программе Microsoft Office Excel 2010	75
	Приложение В Данные расчеты программы Mathcad 14.0	76
	Приложение Г Электронная версия ДП и демонстрационные видеоматериалы (CD-R)	
	Приложение Д Раздаточные материалы (формат А4 - 13 слайдов)	

Введение

Wi-Fi является технологией, которая коренным образом меняет объединение сетевых компьютеров и электронных устройств, что делает ненужным проводное соединение. Данные передаются по радиочастотам, позволяя Wi-Fi устройствам принимать и передавать данные, когда они находятся в зоне действия сети Wi-Fi. Широкое применение технологии и его доступность в жилых домах и общественных местах - в том числе парки, метро, и кафе - сделали его одной из самых популярных технологий передачи данных, доступных сегодня.

Wi-Fi использует технологию радиосвязи, известную как 802,11, которая может передавать данные на короткие расстояния с использованием высоких частот. 802,11 работает на 2,4 ГГц либо 5 ГГц или в зависимости от его типа. Центральная точка сети является точка доступа, которая представляет собой маршрутизатор с передающей антенной. Как правило, диапазон этой точки доступа Wi-Fi в любых совместимых устройств Wi-Fi составляет около 92 метров на открытом воздухе и 46 метров в закрытом помещении. Этот предполагаемый диапазон не принимает во внимание любые препятствия, которые могут блокировать сигнал, в том числе стен, твердых предметов или деревьев. Чем больше препятствий на пути сигнала от базовой станции, тем короче диапазон будет.

Как и любая технология, Wi-Fi имеет свои преимущества и недостатки.

Преимущества:

- небольшие расходы на создание;
- не привязан к определенному месту;
- можно подключить несколько устройств без необходимости использования дополнительных аппаратных средств;
- требуется меньше проводов для установки.

Недостатки:

- могут возникать помехи;
- соединение не так стабильно, как проводные сети и может «упасть»;
- теряет качество при прохождении через стены или препятствия;
- более открыты для взлома;
- медленнее, чем проводные сети.

Целью данной дипломной работы является организация сети Wi-Fi в Алматинском метрополитене на станции «Байконур», с целью предоставления высокоскоростного соединения с интернетом на базе технологии Wi-Fi.

1. Теоретическая часть дипломного проекта

1.1 Беспроводная сеть

Современные технологии позволяют создавать беспроводные сети, при помощи которых у пользователей появляется возможность объединять компьютеры в группы. Это в свою очередь позволяет обмениваться данными между компьютерами, а также играть в совместные игры. На сегодняшний день существует несколько различных видов беспроводной связи - GSM, Bluetooth, WiMAX, WiFi и многое другое. Однако, говоря о создании локальных сетей, как правило, имеется в виду технология Wireless Fidelity. Это объясняется тем, что данный тип связи предоставляет высокую скорость передачи информации. Кроме этого, радиуса действия одной точки доступа вполне достаточно, чтобы покрыть квартиру, частный дом или даже создать рабочую группу на предприятии. Стоит отметить, что беспроводная связь отличается удобством, так как для выхода в интернет и объединения компьютеров в группу не нужно использовать какие-либо провода. Все происходит посредством радиосвязи. Благодаря неоспоримым преимуществам Wireless Fidelity получила огромное распространение по всему миру. С ее помощью создаются локальные группы, при этом пользователи могут иметь доступ к интернету, что упрощает решение многих рутинных задач. При помощи Bluetooth также можно объединять устройства в группы, однако радиус действия такой связи меньше, да и скорость передачи информации ниже. Наибольшим радиусом действия обладает WiMAX. При этом скорость передачи данных такая же, как и у WiFi, а в некоторых случаях даже выше [1].

WiMax обеспечивает удобную, фиксированную и мобильную связь, которая является гораздо более эффективной, чем любая используемая в настоящее время технология. С помощью WiMax вы сможете использовать Интернет в вашем доме или офисе, а также на мобильных телефонах в любой части мира. Технология WiMax также экономически эффективная, если мы сравним его с предыдущими поколениями беспроводных технологий, таких как 3G, и т.д., что делает его доступным для того, чтобы воспользоваться Интернетом в любой части мира, включая также отдаленные районы.

WiMax также можно рассматривать как дополнение Wi-Fi, который имеет более продвинутые функции, такие как высокоскоростной доступ в Интернет по широкому спектру устройств, таких как мобильные телефоны, ноутбуки, смартфоны и т.д. рамки WiMax также шире. Многие организации, занимающиеся разработкой мобильных приложений, начали работать по этой технологии. Тем не менее, основа WiMax представляет собой набор планов с целью обеспечить широкополосную беспроводную технологию, которая должна добраться до клиента. Основным преимуществом WiMax является его способность обрабатывать растущий объем данных в форме. WiMAX может также использоваться для обеспечения беспроводного широкополосного

доступа к потребителям и интернет-провайдерам для высокоскоростной передачи данных и телекоммуникационных услуг. Люди в настоящее время используют мобильные телефоны с поддержкой WiMax и ноутбуки, которые помогают им подключаться к Интернету из любого места с высокой скоростью [2].

На рисунке 1 показан пример использования Wi-Fi сети.



Рисунок 1 - Пример использования Wi-Fi сети

WiFi является технологией, которая использует радиоволны для обеспечения подключения к сети. Подключение Wi-Fi устанавливается с помощью беспроводного адаптера для создания горячих точек - области, в непосредственной близости от беспроводного маршрутизатора, которые подключены к сети и позволяют пользователям получать доступ к интернет-услуг. После настройки Wi-Fi обеспечивает беспроводное подключение к устройствам, испуская частот между 2,4 - 5 ГГц, на основе количества данных по сети. Компьютер должен включать в себя беспроводной адаптер, который будет преобразовывать отправляемые данные в радиосигнал. Этот сигнал будет передан через антенну в декодер, называемый маршрутизатором. После этого данные будут посланы в Интернет через проводное соединение Ethernet. Поскольку беспроводная сеть работает как двусторонний трафик, данные полученные из интернета также будут проходить через маршрутизатор, чтобы быть закодированными в радиосигнал, который будет получен с помощью беспроводного адаптера компьютера.

1.2 Стандарты Wi-Fi

Радиостанции, используемые для Wi-Fi связи очень похожи на радиостанции, используемые для раций, сотовых телефонов и других устройств. Они могут передавать и принимать радиоволны, и они могут преобразовать 1s и 0s в радиоволны и преобразовывать радиоволны обратно в 1s и 0s. Но WiFi радиостанции имеют несколько заметных отличий от других радиостанций:

- они передают на частотах 2,4 ГГц или 5 ГГц. Это значение частоты значительно выше частот, используемых для сотовых телефонов, раций и телевизоров. Более высокая частота позволяет сигналу передавать больше данных;

- WiFi радиостанции могут передавать на любых из трех частотных диапазонов. Или они могут быстро «перепрыгивать частотами» между различными группами. Скачкообразное изменение частоты помогает уменьшить помехи и позволяет нескольким устройствам использовать одно и то же беспроводное соединение одновременно;

- они используют сетевые стандарты 802.11, которые представлены в нескольких вариантах: 802.11a, 802.11b, 802.11e, 802.11g, 802.11n, 802.11ac.

Рассмотрим эти стандарты более подробно.

1) IEEE 802.11a. Этот стандарт работает на частоте 5 ГГц и его скорость достигает 54 Мбит/с. Стандарт IEEE 802.11a производит высокий уровень исполнения. Стандарт 802.11a является первым в алфавитном порядке многообразия стандартов 802.11, которые широко используются сегодня. Хотя 802.11a был утвержден в то же время, как 802.11b, он никогда не завоевывал такую популярность, несмотря на то, что он предлагает гораздо более высокую скорость передачи данных. Причина этого в том, что она работает на частоте 5 ГГц ISM диапазона, а не на 2,4 ГГц, и это сделало чипы дороже. С внедрением технологии беспроводной локальной сети, люди были более счастливы согласиться на какой-либо соединение, и даже с более низкой скоростью.

Так же существует спецификация этого стандарта. 802.11a может похвастаться впечатляющей производительностью. Он способен передавать данные со скоростью передачи данных до 54 Мбит/с, и имеет хороший диапазон, хотя и не при работе на полной скорости передачи данных.

Стандарт 802.11a использует основные 802.11 понятия в качестве своей базы, и он функционирует в диапазоне 5 ГГц промышленных, научных и медицинских (ISM) диапазонах, что позволяет использовать его во всем мире. Модуляция с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM), используется для передачи необработанных данных с максимальной скоростью 54 Мбит, хотя более реалистичный практический уровень находится в районе середины - 20 Мбит/с. Скорость передачи данных может быть снижена до 48, 36, 24, 18, 12, 9 затем 6 Мбит / с, если требуется. 802.11a имеет 12 неперекрывающихся каналов, 8 выделенных крытых и 4 точка-точка.

2) 802.11b. Этот стандарт обеспечивает скорость передачи данных 11 Мбит/с на частоте 2,4 ГГц. IEEE 802.11b был первым стандартом беспроводной локальной сети, который был распространен и встроен во многие портативные компьютеры и другие формы оборудования. Стандарт 802.11b был ратифицирован IEEE в июле 1999 года, и идея для беспроводных сетей быстро прижилась с большим количеством точек доступа W-Fi создаваемых таким образом, чтобы деловые люди могли получить доступ к

своей электронной почте и путешествовать по Интернету по мере необходимости, когда они путешествовали [3].

Это было только после того, как была ратифицирована 802,11 и продукты стали доступны, так что W-Fi вышел на большой путь. Wi-Fi точки доступа были установлены во многих офисах, гостиницах и аэропортах и идея использования портативных переносных компьютеров во время путешествия стала намного легче.

При передаче данных 802.11b использует CSMA / CA метод, который был определен в первоначальном стандарте 802.11 базовой и сохранен для 802.11b. Используя эту технику, если узел хочет сделать передачу он прослушивает чистый канал и затем передает. Затем он ожидает подтверждения, и если он не получает его он возвращает назад на случайное количество времени, предполагая, что другая передача вызвала помехи, а затем прослушивает чистый канал, а затем ретранслирует данные.

Формат РЧ-сигнала используемая для 802.11b является дополняющей кодовой манипуляцией. Это небольшое вариацию на CDMA (множественного доступа с кодовым разделением каналов), который использует основную DSSS (Прямая Последовательность Расширения Спектра в качестве своей основы. С учетом того факта, что оригинальное использование 802,11 спецификации CDMA / DSSS, было легко модернизировать любой существующий набор микросхем и другие инвестиции, чтобы обеспечить новый стандарт 802.11b. В результате 802.11b чипсеты появились сравнительно быстро на рынке.

3) 802.11e. Это новый стандарт для обеспечения качества обслуживания, QoS для 802.11 Wi-Fi приложений. Технология Wi-Fi, основанный на стандарте 802.11 в настоящее время широко распространена в своем использовании. Мало того, что она используется для обеспечения реальной функции беспроводной локальной сети (WLAN), но она также широко используется для обеспечения локализованной мобильной связи с точки зрения «горячих точек».

Вопрос качества обслуживания, QoS на 802.11 Wi-Fi имеет особое значение в некоторых приложениях, и, соответственно, 802.11e решает ее. Для серфинга приложений, таких как интернет-просмотр веб-страниц, отправки сообщений электронной почты, задержки в получении ответов или отправки данных не оказывают существенное влияние. Это приводит к медленной загрузке, или небольшой задержке в отправке сообщений по электронной почте. В то время как это может иметь небольшое несоответствие пользователю, то никакого реального оперативного воздействия на обслуживание не предоставляются. Однако для таких приложений, как голосовой или видео-передачи, таких как передача голоса по IP, VoIP, есть гораздо большее влияние, и это создает гораздо большую потребность в 802.11e. Задержки, джиттера и недостающие пакеты приводят к системе потери данных, и качество обслуживания становится бедным. Соответственно для этих приложений, чувствительных к времени необходимо иметь

возможность установить приоритет трафика. Это может быть сделано только путем выделения уровня приоритета службы посылаемых пакетов, и теперь это все решается с помощью стандартной IEEE 802.11e.

4) Стандарт 802.11g имеет скорость передачи данных 54 Мбит/с данных с использованием ISM диапазон частот 2,4 ГГц.

Для того, чтобы обеспечить более высокие скорости 802.11a во время работы на ISM-диапазоне 2,4 ГГц, был введен новый стандарт, известный как стандарт 802.11g. Даже до того, как стандарт был ратифицирован, продукты стандарта 802.11g были доступны на рынке, и с тех пор она стала доминирующей технологией Wi-Fi. Стандарт 802.11g обеспечивает ряд усовершенствований по сравнению со стандартом 802.11b, который был его предшественником.

Как и 802.11b, его предшественник, стандарт 802.11g работает в ISM-диапазоне 2,4 ГГц. Это обеспечивает максимальную пропускную способность данных - 54 Мбит/с, хотя это приводит к реальной максимальной пропускной способности чуть более 24 Мбит/с.

Хотя система совместима с 802.11b, присутствие участника 802.11b в сети значительно снижает скорость сетки. Для того, чтобы обеспечить устойчивость против эффектов многолучевого распространения в то же время будучи в состоянии нести высокие скорости передачи данных, основной метод модуляции выбран для стандарт 802.11g, OFDM - ортогональное частотное разделение каналов, хотя возможны и другие схемы используемые для поддержания совместимости.

5) IEEE 802.11 N Wi-Fi / WLAN стандарт использует технологии, включая OFDM и MIMO, чтобы она могла обеспечить высокую скорость передачу данных при 600 Мбит/с.

После того, как стандарты Wi-Fi, включая 802.11a, 802.11b и стандарт 802.11g были созданы, были начаты работы по увеличению скорости передачи данных, предоставляемые Wi-Fi, 802. Результатом было то, что в январе 2004 года IEEE объявил, что он сформировал новый комитет для разработки новый высокоскоростной, IEEE 802.11n стандарт

С улучшенной производительностью, предлагаемой 802.11n, стандарт вскоре получил широкое распространение со многими продуктами, предлагаемых для продажи и использования. Хотя первоначально несколько Wi-Fi точек доступа предложили стандарт, 802.11n устройства были совместимы и способны работать с 802.11b и 802.11g

6) Стандарт IEEE 802.11ac Gigabit Wi-Fi обеспечивает очень высокую пропускную способность до 7 Гбит/с в пределах ISM диапазона 5,8 ГГц.

Стандартный IEEE 802.11ac Wi-Fi был разработан, чтобы повысить пропускную способность данных, достижимые в сетях Wi-Fi до минимума около 1 Гбит со скоростью до почти 7 Гбит возможных. В результате этих скоростей, один изготовитель продает продукты как 5G WiFi. Реализация Gigabit Wi-Fi необходима для обеспечения, что стандарты Wi-Fi в ногу с требованиями пользователей. С пользователей, требующими все более

высокие скорости передачи данных, IEEE разработал стандарт Gigabit их 802.11ac также известный как VHT, очень высокая пропускная способность системы позволяет абсолютные максимальные скорости передачи данных почти 7 Гбит со всеми вариантами запуска. Это позволит тем, кто хочет передавать видео высокой четкости и многие другие файлы быть в состоянии добиться этого при скоростях ,которые они требуют [4].

Стандарт IEEE 802.11ac Gigabit Wi-Fi использует ряд методов, которые были использованы в предыдущих стандартах IEEE 802.11 и на основе этих технологий, при добавлении некоторых новых методов, чтобы гарантировать, что требуемая пропускная способность может быть достигнута.

Все основные данные о стандартах Wi-Fi собраны в таблице 1.

Таблица 1 – Стандарты 802.11

Параметр	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
Дата утверждения стандарта	Июль 1999	Июль 1999	Июнь 2003	Январь 2004	-
Максимальная скорость передачи данных (Мбит/с)	54	11	54	300	6,93 Гбит/с
Фактическая скорость передачи данных (Мбит/с)	25	5	25	-	-
Дальность связи (метры)	до 100	до 100	до 100	до 20000	-
Вид модуляции	OFDM	CCK (DSSS)	CCK, DSSS, OFDM	CCK, DSSS, OFDM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM 256-QAM optional
Рабочая частота (ГГц)	5	2,4	2,4	2,4 или 5	5,8
Количество пространственных потоков	1	1	1	1, 2, 3, или 4	-
Ширина канала (МГц)	20	20	20	20 или 40	20, 40, и 80

1.3 Скорости Wi-Fi

Как показали результаты испытаний, максимальная фактическая пропускная способность примерно в 3 раза ниже, чем указано в спецификациях устройства или к определенному стандарту IEEE 802.11 группы (стандарты технологии Wi-Fi представлено в таблице 2):

Таблица 2 – Скорости стандарта 802.11

Стандарты технологии Wi-Fi	Максимально достижимая теоретически рассчитанная пропускная способность (Мбит/с)	Максимальная реальная скорость передачи данных (Мбит/с)
IEEE 802.11a	До 54	До 24
IEEE 802.11g	До 54	До 24
IEEE 802.11n	До 150	До 50
IEEE 802.11n	До 300	До 100

а. WLAN-WLAN. Скорость Wi-Fi (в зависимости от расстояния).

Все современные и действующие стандарты Wi-Fi на сегодняшний день работают аналогичным образом.

В любой момент времени, активное оборудование Wi-Fi (точка доступа или маршрутизатор) работает только с одним клиентом (Wi-Fi-адаптер) от всей сети Wi-Fi, а также все устройства в сети получают специальную сервисную информацию о том, в какое время будет зарезервирован для радиоканала для передачи данных. Коробка передач находится в полудуплексном режиме, то есть, получается - активный адаптер оборудования Wi-Fi к клиенту, а потом наоборот, и так далее. Одновременные данные "параллельные" процесс передачи (дуплекс) в технологии Wi-Fi не представляется возможным.

Таким образом, скорость обмена данными между клиентами (скорость WLAN-WLAN коммутатор) той же сети Wi-Fi, созданный одним устройством (точка доступа или маршрутизатор), будет (в идеале) два или более раза ниже (в зависимости от расстояния), чем фактическая максимальная скорость передачи данных по сети.

Пример:

Два компьютера с Wi-Fi адаптерами стандарта IEEE 802.11g подключены к одному Wi-Fi роутеру стандарта IEEE 802.11g. Оба компьютера находятся на небольшом расстоянии от роутера. Вся сеть имеет максимально достижимую теоретическую пропускную способность в 54 Мбит/с (что написана в спецификациях устройств) реальная же скорость обмена данными не превысит 24 Мбит/с.

Но, так как технология Wi-Fi — это полудуплексная передача данных, то Wi-Fi радиомодулю приходится коммутировать между двумя клиентами сети (Wi-Fi адаптерами) в два раза чаще, чем в случае, если бы клиент был

один. Соответственно, реальная скорость передачи данных между двумя адаптерами будет в два раза ниже, чем максимальная реальная для одного клиента. В данном примере, максимальная реальная скорость обмена данными для каждого из компьютеров будет составлять 12 Мбит/с. Напомним, что речь идет о передаче данных от одного компьютера другому через роутер по wifi-соединению (WLAN-WLAN).

В зависимости от удаленности клиента сети от точки доступа или роутера, будет изменяться «теоретическая» и, как следствие, «реальная» скорость передачи данных по WiFi. Напомним, что она примерно в 3 раза меньше «теоретической» [5].

Это связано с тем, что активное Wi-Fi оборудование, работающее в полудуплексном режиме, в сочетании с переходниками изменения параметров сигнала (тип модуляции, скорость кодирования, свертка и т.д.) в зависимости от характеристик радиоканала (расстояние, препятствий и помех) ,

Когда клиент сети, находится в зоне покрытия «теоретической» пропускной способности 54 Мбит/с, фактическая скорость ее максимум составляет 24 Мбит/с. Когда клиент перемещается на расстояние 50 метров в прямой оптической видимости (без препятствий и помех), составит 2 Мбит/с. Подобный эффект может также привести к непроходимости в виде толстой несущей стены или твердой стали - вы можете быть на расстоянии 10-15 метров от этого барьера.

б. Роутер стандарта IEEE 802.11n, адаптер стандарта IEEE 802.11g.

Рассмотрим пример, когда Wi-Fi сеть создает Wi-Fi роутер стандарта IEEE 802.11 n (150 Мбит/с). К роутеру подключены ноутбук с Wi-Fi адаптером стандарта IEEE 802.11n (300 Мбит/с) и стационарный компьютер с Wi-Fi адаптером стандарта IEEE 802.11g (54 Мбит/с) показан на рисунке 2.



Рисунок 2 - Роутер стандарта IEEE 802.11n

В данном примере вся сеть имеет максимальную «теоретическую» скорость 150 Мбит/с, так как она построена на Wi-Fi роутере стандарта IEEE 802.11n, 150 Мбит/с. Максимальная реальная скорость WiFi не превысит 50 Мбит/с. Так как все стандарты WiFi, работающие на одном частотном

диапазоне, обратно совместимы друг с другом, то к такой сети можно подключиться при помощи WiFi адаптера стандарта IEEE 802.11g, 54 Мбит/с. При этом, максимальная реальная скорость не превысит 24 Мбит/с. При подключении к данному роутеру ноутбука с WiFi адаптером стандарта IEEE 802.11n (300 Мбит/с), клиентские утилиты могут отобразить значение максимальной «теоретической» скорости в 150 Мбит/с, (сеть создана устройством стандарта IEEE 802.11n ,150 Мбит/с), а вот максимальная реальная скорость не будет выше 50 Мбит/с. В данной схеме, WiFi-роутер будет работать с клиентским адаптером стандарта IEEE 802.11g на реальной скорости, не превышающей 24 Мбит/с, а с адаптером стандарта IEEE 802.11n на реальной скорости, не превышающей 50 Мбит/с. Тут надо вспомнить, что технология WiFi — это полудуплексная связь и точка доступа (или роутер) может работать только с одним клиентом сети, причём все остальные клиенты сети «оповещены» о том времени, на которое зарезервирован радиоканал для передачи данных [6].

в. Скорость WiFi через роутер. WAN-WLAN.

Если речь идет о подключении по Wi-Fi соединению к Wi-Fi роутеру, то скорость загрузки торрента может оказаться даже ниже, чем те значения, которые были приведены выше.

Эти значения не могут превышать скорость коммутации WAN-LAN, так как это основная характеристика производительности роутера.

Таким образом, если в спецификациях (и на коробке) устройства указана скорость передачи данных по Wi-Fi до 300 Мбит/с, а параметр WAN-LAN для данной модели, ее аппаратной версии, версии микропрограммного обеспечения, а также типа и протокола подключения равен 24 Мбит/с, то скорость передачи данных по Wi-Fi (например, при загрузке торрента) ни при каких условиях не может превысить значение 3 Мбайт/с (24 Мбит/с). Этот параметр носит название WAN-WLAN, который напрямую зависит от скорости маршрутизации WAN-LAN, от версии микропрограммного обеспечения («прошивки»), установленной на Wi-Fi роутер, Wi-Fi радиомодуля (точки доступа WiFi, встроенной в WiFi роутер), а так же от характеристик Wi-Fi адаптера, его драйверов, удаленности от роутера, зашумленности радиоэфира и прочих факторов.

1.4 Оборудование для организации Wi-Fi

Wi-Fi в целом выступает за беспроводную локальную сеть и является одним из важных технологий компьютерных сетей, так что позволяет пользователям подключаться к Интернету без проводов ради различных целей, таких как передача.

Архитектура этой технология полностью основана на радиочастотах, и это удобный способ сделать беспроводную связь между двумя местами на более высоких скоростях. Wi-Fi был разработан известной группой под названием Альянс группы сетей. Как правило, она полностью на основе стандартной IEEE 802.11.

Есть ряд оборудования, которые используются в установке или разработке подключение Wi-Fi с другими технологиями, такими как интернет-технологии. Оборудование размещены на концах, которые участвуют в беспроводной связи [7].

1.4.1 Маршрутизаторы

Беспроводные маршрутизаторы: Одна из основных частей беспроводных сетей или Wi-Fi связи является беспроводные маршрутизаторы. В основном это важное оборудование для подключения DSL и модем, используемый в сети с этого конкретного устройства Wi-Fi.

Каждый тип маршрутизатора может быть в состоянии поддерживать различные типы протоколов, а также поддерживает настройку брандмауэра, чтобы обеспечить защиту сетевой системы. И основной функцией беспроводного маршрутизатора является подключение беспроводных точек доступа и сетевые коммутаторы.

Для полного представления маршрутизаторов на рисунке 3 изображен беспроводной маршрутизатор WRT54G поддерживающий только 802.11b и 802.11g.



Рисунок 3 - Беспроводной маршрутизатор WRT54G поддерживающий только 802.11b и 802.11g.

Большинство современных беспроводных маршрутизаторов имеют следующие характеристики:

- один или несколько сетевых адаптеров, поддерживающих Fast Ethernet или Gigabit Ethernet, интегрированы в основную SoC;
- один или несколько WNICs поддерживающих часть IEEE 802.11 стандарта также интегрированы в основную SoC или в виде отдельных чипов на печатной плате. Она также может быть отдельной картой, подключенной через интерфейс MiniPCI или MiniPCIe. На рисунке 4 показан внедренный RouterBOARD 112 с U.FL-RSMA косички и R52 мини-PCI Wi-Fi карты.

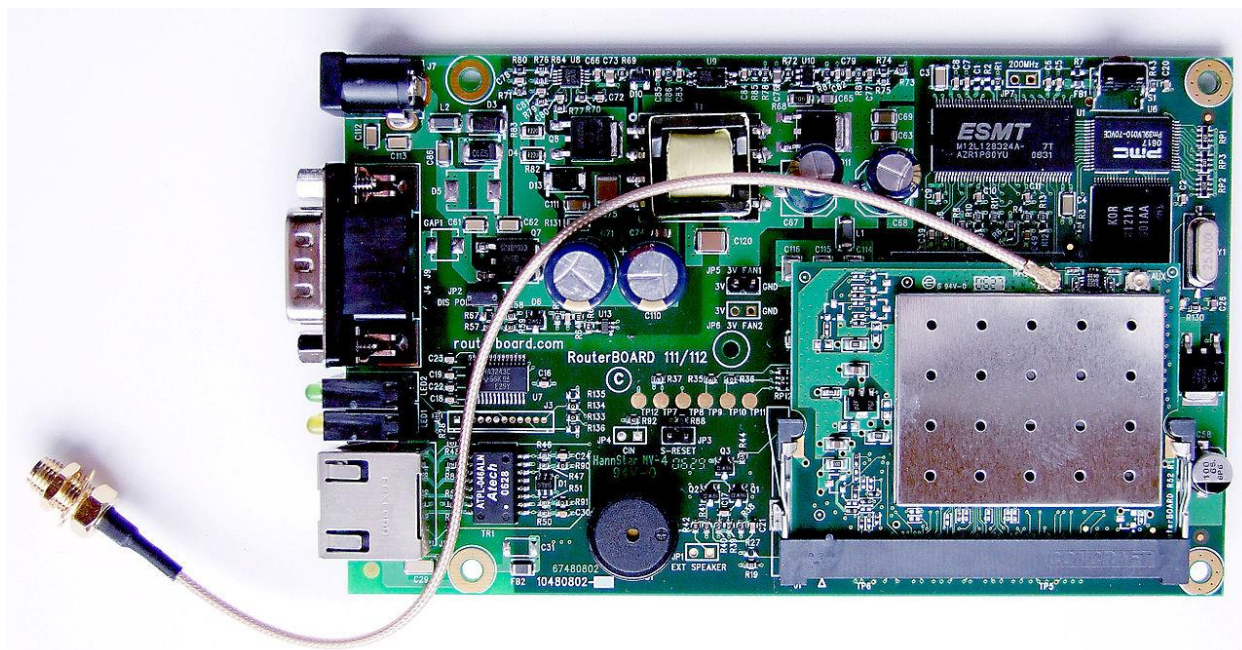


Рисунок 4 - Внедренный RouterBOARD 112 с U.FL-RSMA косички и R52 мини-PCI Wi-Fi карты.

До сих пор PHY-чипы для WNICs, как правило, различные микросхемы на печатной плате. В зависимости от режима, который WNIC поддерживает, т.е. 1T1R, 2T2R или 3T3R, один WNIC имеет до 3 PHY-чипов, подключенных к нему. Каждый PHY-чип подключен к Hirose U.FL-разъем на печатной плате. Так называемый соединительный кабель соединяет Hirose U.FL либо к ВЧ разъему, причем в этом случае антенна может быть изменена и в этом случае он интегрирован в корпус. Общими являются однодиапазонные (т.е. только для 2,4 ГГц или только для 5 ГГц) и двух диапазонные (т.е. для 2,4 и 5 ГГц) антенны.

Часто коммутатор Ethernet поддерживает Gigabit Ethernet или Fast Ethernet с поддержкой IEEE 802.1Q, интегрирована в основную SoC (MediaTek SOCS) или в виде отдельного чипа на печатной плате.

Некоторые беспроводные маршрутизаторы оснащены либо XDSL модем DOCSIS модем LTE модем, или волоконно-оптический модем интегрирован.

Некоторые беспроводные маршрутизаторы высокого класса двухдиапазонные имеют скорость передачи данных не более 300 Мбит / с (2,4 ГГц) и 450 Мбит / с (для 5 ГГц).

Кнопка клон Wi-Fi упрощает настройку Wi-Fi и создает бесшовную единую домашнюю сеть, позволяющую Расширение Super Range, которое означает, что он может автоматически копировать SSID и пароль маршрутизатора.

Некоторые беспроводные маршрутизаторы имеют 1 или 2 USB порт (а). Для беспроводных маршрутизаторов, имеющих 1 USB порт, он предназначен для любого принтера или настольного / мобильного внешнего жесткого диска. Для беспроводных маршрутизаторов, имеющих 2 USB-порта, один

предназначен для принтера, а другой предназначен для настольных компьютеров или мобильных внешнего жесткого диска.

Некоторые беспроводные маршрутизаторы имеют USB-порт, специально разработанный для подключения мобильного широкополосного модема, в стороне от подключения беспроводного маршрутизатора к Ethernet с XDSL или кабельный модем. Таким образом, можно вставить мобильный адаптер широкополосного USB в маршрутизатор для обмена мобильного широкополосного подключения к Интернету через беспроводную сеть [8].

1.4.2 Беспроводные сетевые адаптеры

Другим важным компонентом Wi-Fi является беспроводные сетевые адаптеры, которые используются для подключения системы беспроводной связи. Каждый тип сетевых адаптеров беспроводной связи может поддерживать каждый стандарт проводной или беспроводной сети, и у них есть радиопередатчик и приемник сигнала в нем. Различные формы сетевых адаптеров беспроводной связи используются в Wi-Fi, некоторые из распространенных примеров являются PCI, карта PC или PCI мин и т.д.

Контроллер интерфейса беспроводной сети (WNIC) представляет собой контроллер сетевого интерфейса, который подключается к радио на базе компьютерной сети, а не проводной сети, основанной на таких, как Token Ring или Ethernet. WNIC, так же как и другие сетевые адаптеры, работает на уровне 1 и уровне 2 модели OSI. WNIC является важным компонентом для беспроводного настольного компьютера. Эта карта использует антенну для связи через микроволновые печи. WNIC в настольном компьютере, как правило, связано с использованием шины PCI. Другие варианты подключения USB и PC Card. Интегрированный WNICs также доступны, (как правило, в виде Mini PCI / PCI Express Mini Card). На рисунке 5 показан беспроводной сетевой интерфейс устройства с интерфейсом USB и внутренней антенной.



Рисунок 5 - Беспроводной сетевой интерфейс устройства с интерфейсом USB и внутренней антенной

Технические характеристики, обычно используемые в маркетинговых материалах для WNICs включают в себя:

- скорость беспроводной передачи данных (измеряется в Мбит / с); Они варьируются от 2 Мбит / с до 54 Мбит / с;
- беспроводная передаваемая мощность (измеряется в дБм);
- беспроводные сетевые стандарты (могут включать в себя стандарты, такие как 802.11b, 802.11g, 802.11n и т.д.) 802.11g обеспечивает скорость передачи данных эквивалентна 802.11a - до 54 Мбит / с - и шире 91 метра диапазон из 802.11b и обратно совместим с 802.11b.

Большинство карт Bluetooth не реализуют какой-либо форме стандарта 802.11 [9].

1.4.3 Точка доступа

Следующее оборудование так является неотъемлемой частью Wi-Fi или беспроводной сети беспроводная точка доступа, которые обычно называют как AP или WAP. Цель использования точек беспроводного доступа в Wi-Fi, чтобы создать соединение между кабелем Ethernet и беспроводным пользователем. Точки беспроводного доступа работают также как центральная точка для пользователя и называется инфраструктурой. Когда беспроводная сеть создается в офисах или зданиях, то это арбитр в качестве беспроводной локальной сети или сети WLAN. Ради передачи данных между беспроводным и проводным устройствам подключение к беспроводной точке доступа соединена с беспроводным маршрутизатором, а затем маршрутизатор интегрируется между WAP и NS. На рисунке 6 изображена Linksys «WAP54G» точка доступа беспроводной сети 802.11g.



Рисунок 6 - Linksys «WAP54G» точка доступа беспроводной сети 802.11g

Типичное корпоративное использование предполагает присоединение нескольких WAPs к проводной сети, а затем предоставление беспроводного доступа к локальной сети офиса. Точки беспроводного доступа управляются контроллером WLAN, который обрабатывает автоматические корректировки мощности РЧ, каналов, аутентификации и безопасности. Кроме того, контроллеры могут быть объединены, чтобы сформировать беспроводную группу мобильности, чтобы обеспечить между контроллером роуминг. Контроллеры могут быть частью домена мобильности, чтобы позволить клиентам доступ на протяжении больших или региональных офисах. Это экономит время клиентов и администраторов накладных расходов, поскольку он может автоматически повторно ассоциировать при повторной аутентификации [10].

Горячая точка является общим публичным применением WAPs, где беспроводные клиенты могут подключаться к Интернету без учета конкретных сетей, к которым они прикрепили на данный момент. Концепция стала распространена в крупных городах, где сочетание кофеин, библиотек, а также частных открытых точек доступа, позволяют клиентам остаться более или менее постоянно подключен к Интернету.

WAPs обычно используются в домашних беспроводных сетях. Домашние сети, как правило, имеют только одну AP, чтобы соединить все компьютеры в доме. Большинство из них являются беспроводными маршрутизаторами, а это означает конвергентные устройства, которые включают в себя WAP, маршрутизатор, и, зачастую, коммутатор Ethernet. Многие из них также включают в себя широкополосный модем. В тех местах, где большинство домов имеют свой собственный WAP в пределах досягаемости AP соседей, это возможно для технически подкованных людей, чтобы отключить их шифрование и настроить беспроводную сеть сообщества, создавая сеть внутри городской связи, хотя это не отменяет требование для проводной сети.

1.4.4 Кабели и порты

Порты и кабели действительно играют важную роль в качестве оборудования Wi-Fi, потому что они являются источником подключения различных устройств, которые являются внешними по отношению к беспроводной локальной сети или устройства Wi-Fi. Волоконно-оптические кабели также используются для этой цели.

1.5 Шифрование сети Wi-Fi

С конца 1990-х годов, алгоритмы безопасности Wi-Fi претерпели множественные обновления с прямой амортизации старых алгоритмов и существенному пересмотру на новые алгоритмы. Прогулка по истории безопасности Wi-Fi служит для выделения и то, что сейчас там, и почему вы должны избегать старых стандартов.

Рассмотри три вида шифрования: WEP, WPA, и WPA2.

1) Wired Equivalent Privacy (WEP) - является наиболее широко используемым алгоритмом безопасности Wi-Fi в мире. Это зависит от возраста, обратной совместимости, а также тот факт, что сначала появляется в меню выбора типа шифрования во многих панелях управления маршрутизатором.

WEP был утвержден в качестве стандарта безопасности Wi-Fi в сентябре 1999. Первые версии WEP не были особенно сильны, даже для того времени они были отпущены, потому что американские ограничения на экспорт различных криптографических технологий привело к ограничению производителей своих устройств только 64-битное шифрование. Когда ограничения были сняты, она была увеличена до 128 бит. Несмотря на введение 256-битного WEP шифрования, 128-бит остается одним из наиболее распространенных реализаций.

Несмотря на изменения в алгоритме и увеличенного размера ключа, с течением времени недостатки многочисленных безопасностей были обнаружены в стандарте WEP, а также увеличение вычислительной мощности, стало легче и проще эксплуатировать ее. Уже в 2001 доказательство правильности концепции эксплуататоров плавали и к 2005 году ФБР дал публичную демонстрацию (в целях повышения осведомленности о слабости WEP-шифрования), где они взломали пароли WEP в считанные минуты с помощью свободно доступного программного обеспечения.

Несмотря на различные усовершенствования, обходные и другие попытки укрепить систему WEP, она остается крайне уязвимой из систем, которые полагаются на WEP должен быть повышен или, если обновление безопасности не вариант, заменить. Wi-Fi Alliance официально уволил WEP в 2004 году.

На рисунке 7 изображен пример установки шифрования WEP.

The image shows a web-based configuration interface for a router's wireless security. At the top, there is a checkbox labeled "Enable Wireless Security" which is checked. Below it, the "Security Type" is set to "WEP", "Security Option" is set to "Automatic", and "WEP Key Format" is set to "Hexadecimal". These three settings are grouped together in a red rectangular box. Below this, there is a table for configuring WEP keys. The table has three columns: "Key Selected", "WEP Key", and "Key Type". There are four rows for Key 1, Key 2, Key 3, and Key 4. Key 2 is selected, indicated by a radio button and a red circle. The "WEP Key" for Key 2 is "12345678901234567890123456", and the "Key Type" is "128bit". These two cells for Key 2 are also highlighted with a red rectangular box. At the bottom of the page, there is a "Save" button, which is also highlighted with a red rectangular box.

Key Selected	WEP Key	Key Type
Key 1: <input type="radio"/>	<input type="text"/>	Disabled <input type="button" value="v"/>
Key 2: <input checked="" type="radio"/>	12345678901234567890123456	128bit <input type="button" value="v"/>
Key 3: <input type="radio"/>	<input type="text"/>	Disabled <input type="button" value="v"/>
Key 4: <input type="radio"/>	<input type="text"/>	Disabled <input type="button" value="v"/>

Save

Рисунок 7 - Пример установки шифрования WEP

2) Wi-Fi Protected Access (WPA) - был прямой ответ Wi-Fi Alliance и замена более очевидной уязвимости стандарта WEP. Она была официально принята в 2003 году, за год до того, как WEP официально ушел в отставку. Наиболее распространенная конфигурация WPA является WPA-PSK (Pre-Shared Key). Ключи, используемые WPA являются 256-битная, значительное увеличение по сравнению с 64-битной и 128-битных ключей, используемых в системе WEP.

Некоторые из существенных изменений, реализованных с WPA, включена проверка целостности сообщения (чтобы определить, если злоумышленник захватил или изменил пакеты, передаваемые между точкой доступа и клиентом) и Temporal Key Integrity Protocol (TKIP). TKIP использует систему ключей для каждого пакета, который был радикально более безопасным, чем фиксированный ключ, используемый в системе WEP. позже TKIP был заменен Advanced Encryption Standard (AES).

TKIP, основным компонентом WPA, был разработан, чтобы быть легко развернута с помощью обновления встроенного программного обеспечения на существующие устройства с поддержкой WEP. Как таковой, он должен был переработать некоторые элементы, используемые в системе WEP, которые, в конечном счете, также были использованы.

WPA, как и его предшественник WEP, было показано, что он уязвим для вторжения. Интересно, что процесс, посредством которого WPA, как правило, нарушена не прямая атака на алгоритма WPA (хотя такие атаки были успешно продемонстрированы), но атаками на дополнительной системы, которая была развернута с WPA, Wi-Fi Protected Setup (WPS), разработан, чтобы сделать его легко связанным устройствами с современными точками доступа.

На рисунке 8 изображен пример подключения шифрования WPA.

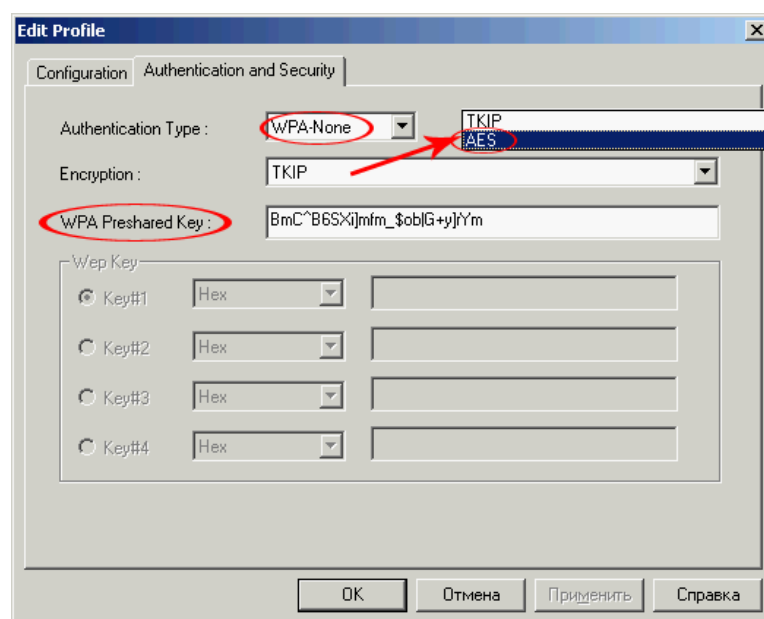


Рисунок 8 - Пример подключения шифрования WPA

3) Wi-Fi Protected Access II (WPA2). WPA, по состоянию на 2006 г. был официально заменен WPA2. Одним из наиболее существенных изменений между WPA и WPA2 является обязательным использование AES алгоритмов и введение CCMP (режима счетчика Cipher с Chaining Message Protocol Code Block Authentication) в качестве замены для TKIP (до сих пор сохранились в WPA2 в качестве системы резервного и совместимость с WPA).

В настоящее время основная уязвимость системы безопасности в реальной системе WPA2 является неясным один (и требует от атакующего уже иметь доступ к защищенной сети Wi-Fi, чтобы получить доступ к определенным клавишам, а затем увековечить атаку против других устройств в сети). Таким образом, последствия безопасности известных уязвимостей WPA2 ограничены почти полностью сетями уровней предприятия и мало заслуживают никакого практического рассмотрения в отношении домашней сети безопасности.

К сожалению, та же уязвимость, которая является самой большой дырой в броне WPA, вектор атаки через Wi-Fi Protected Setup (WPS), остается в современных WPA2 с поддержкой точек доступа. Хотя взлом WPA / WPA2 защищенной сети с использованием этой уязвимости требует в любом месте от 2-14 часов постоянных усилий с современным компьютером [11].

На рисунке 9 изображен пример установки шифрования WPA2.

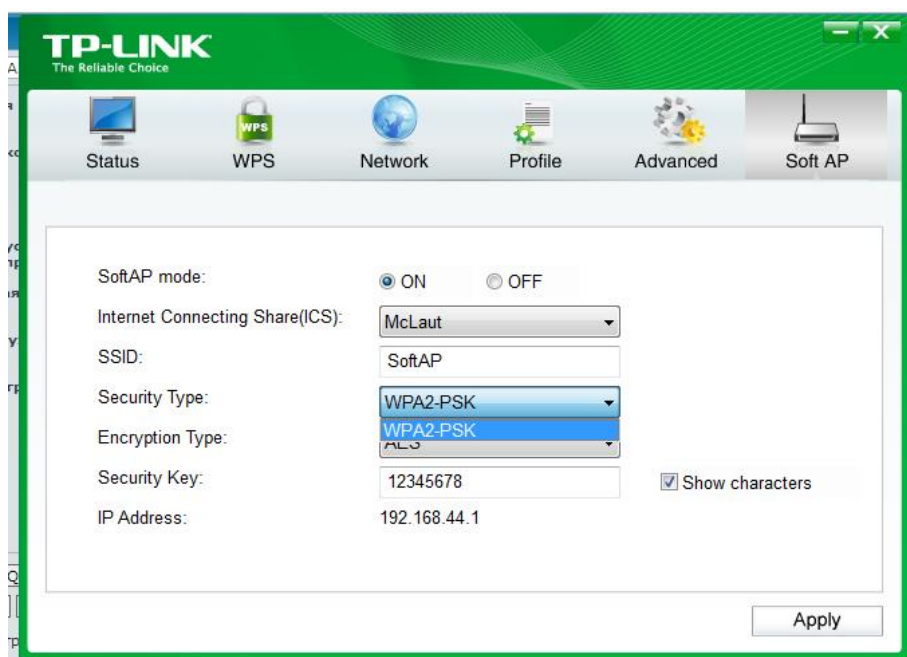


Рисунок 9 - Пример установки шифрования WPA2

1.6 Виды базовых станций

Базовая станция в радиосвязи в целом - комплексная система трансиверов оборудование, обеспечивающее централизованное обслуживание группы абонентских терминальных устройств.

Например, организацию малогабаритных радиоприемников мобильной связи на земле, стационарная антенна и радиостанция выше, чем с другой стороны, выходной мощности. Он осуществляет, в случае необходимости, повторная передача сигнала и его оператор следит за ситуацией в воздухе.

Базовые станции, как правило, один канал. В системах с низкой интенсивности радиообмена можно использовать многоканальные базовых станций. В системах с высокой интенсивностью радиообмена, при необходимости, используют дополнительные каналы, как правило, установлены на одноканального радио для каждого канала. В то же время в диспетчерской, каждая базовая станция показана как отдельный канал. Крупные центры управления с несколькими контроллерами обеспечивает независимую одновременную работу нескольких контроллеров на разных каналах. В этом случае базовые станции могут быть географически удалены друг от друга и от центра управления. В качестве примера, один контрольный центр такси для нескольких городов. Менеджер выбирает нужный канал, и передает информацию на транспортных средствах в нужном городе.

Базовые станции могут быть с местным или дистанционным управлением. Местное управление обеспечивается локально при помощи органов управления оборудования, установленного на базовой станции. При дистанционном управлении используются органы управления на диспетчерском пульте. Команды передаются при помощи сигналов переменного тока тональной частоты либо сигналами постоянного тока в формате 4-20 мА. Команды обрабатываются схемами управления на базовой станции. Связь диспетчерского центра с удаленными базовыми станциями ведется по выделенному телефонному каналу либо по каналу радиосвязи, отличному от канала связи с подвижными объектами. Некоторые системы для связи диспетчерского центра с базовыми станциями используют четырёхпроводные телефонные линии или радиоканалы полной дуплексной связи, иные системы используют двухпроводные телефонные линии или полудуплексные радиоканалы [12].

Базовые станции также применяются в сотовом телевидении, транкинговой связи, сетях Wi-Fi, Wi-MAX и других технологиях.

Применяются два типа антенн: круговой направленности и секторные.

Антенна круговой направленности. Внешний вид подобных антенн представлен на рисунке 10 справа (а).

Секторная антенна. Внешний вид также представлен на рисунке 10 справа (б).

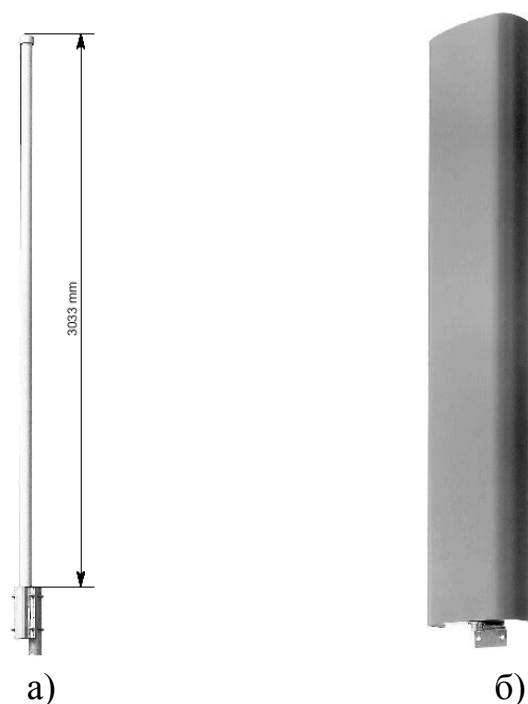


Рисунок 10 – Виды антенн: а) антенна круговой направленности; б) Секторная антенна

На мачте обычно присутствует три таких антенны, однако они могут быть и разнесены по углам здания. Каждая из них обслуживает сектор в 120° . Размеры: длина 129 см, ширина 26, толщина 10 см. Добротность - 15,5 dBi. Секторные антенны обычно наклонены к поверхности горизонта. Этот угол может составлять $2-6^\circ$. В силу своей направленности, а также определенного наклона у антенны формирует так называемый основной луч, который достигает поверхности земли на определенном расстоянии. Именно поэтому, вне зоны главного луча, а также у подножия антенны уровень электромагнитного излучения будет мал. С увеличением расстояния от антенны плотность потока уменьшается, что иллюстрирует на следующем рисунке 11.

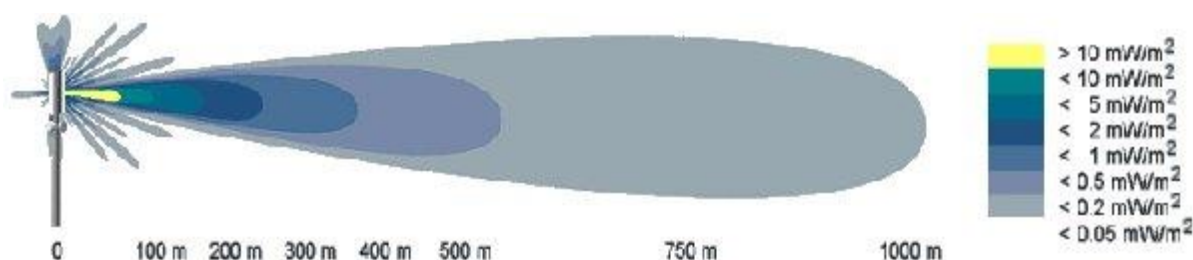


Рисунок 11 – Уменьшение плотности потока

1.7 Базовые станции для раздачи Wi-Fi

Базовые станции (БС) являются основным элементом подземной инфраструктуры сети связи.

На рисунках 12 и 13 представлены БС.

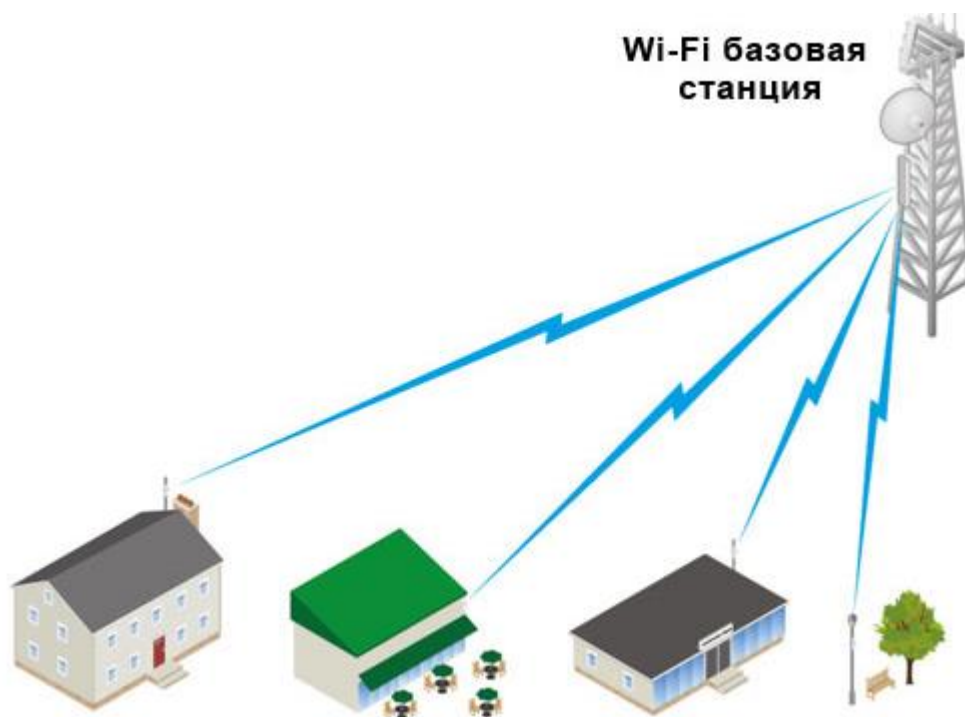


Рисунок 12 – Базовая станция Wi-Fi

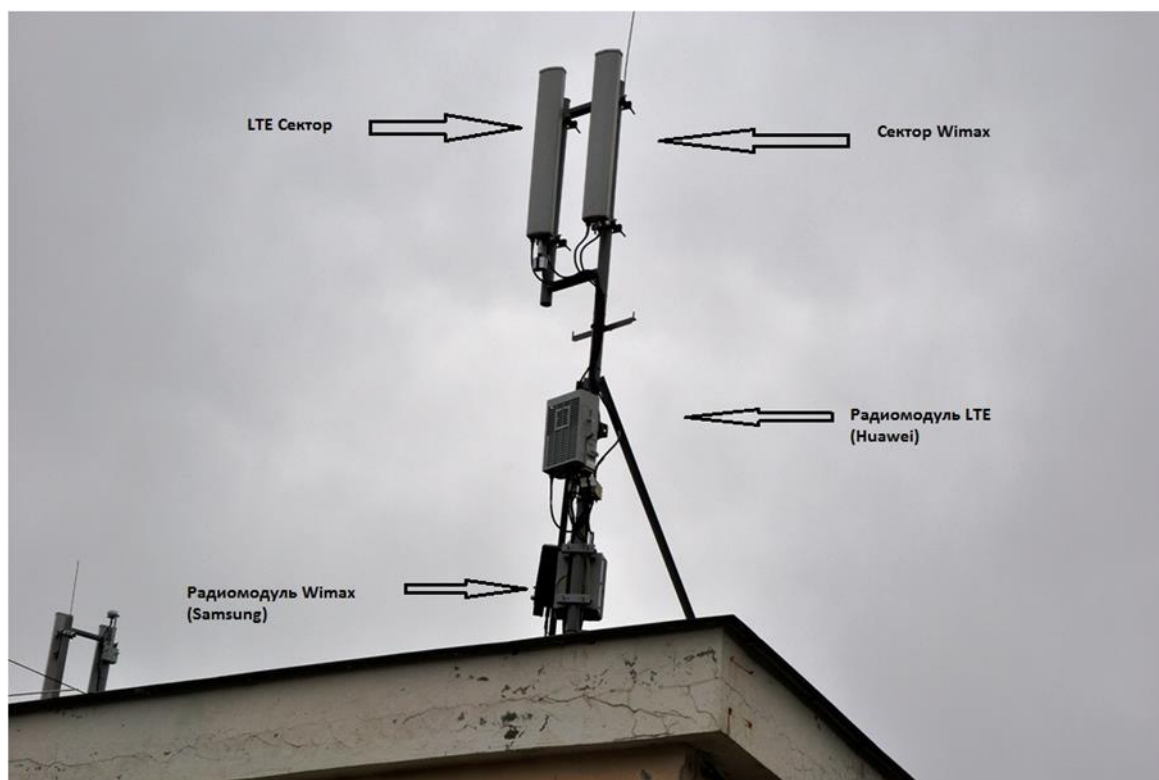


Рисунок 13 - Базовая станция Wi-Fi

Они устанавливаются вдоль выработок и обеспечивают полное покрытие беспроводной связью все подземные выработки шахты. Базовые станции выполняют следующие функции:

- организация скоростного информационного канала до любых подвижных и стационарных объектов (устройства оповещения, отдельно стоящие датчики и т.п.) по WiFi стандарту;
- резервированного источника энергии для собственных нужд и питания подключенного к ним оборудования;
- «черный ящик» для сохранения всей информации, проходящей через нее, при отсутствии связи с верхним уровнем.

Базовая станция имеет в своем составе:

- процессорный блок, с мощным процессором, обеспечивающим маршрутизацию проходящего трафика, управление всеми подключенными к БС устройствами;
 - две Wi-Fi точки доступа. Одна – для связи с соседними БС (резервный канал), другая – для обеспечения связи с устройствами оповещения, либо другими подвижными объектами;
 - проводной интерфейс SBNI12-10, для связи с маршрутизатором или другими БС (основной канал);
 - источник питания с резервным аккумулятором;
 - антенно-фидерную систему, включающую четыре коллинеарных с синфазной запиткой попарно согласованные антенны с усилением 14 децибел.
- При установке БС на пересечении выработок, опционально могут устанавливаться антенны с круговой диаграммой направленности [13].

На рисунке 14 показан что внутри базовой станции.

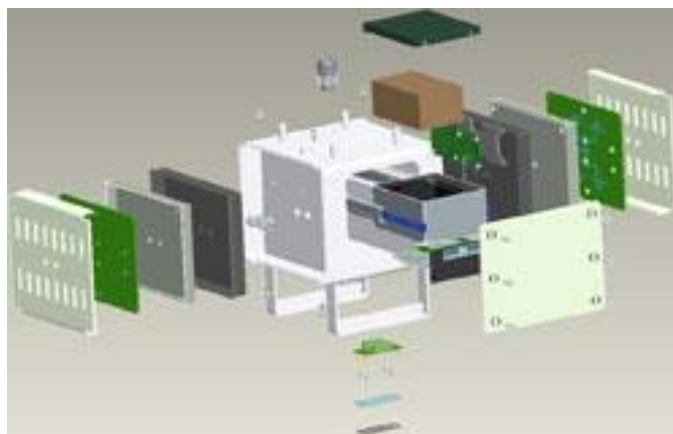


Рисунок 14 – Базовая станция изнутри

1.8 Выбор базовой станции для организации сети Wi-Fi

Рассмотрим базовые станции, которые применяются для организации сети Wi-Fi.

1) Базовая станция компании Wivat.



Рисунок 15 – БС Wivat

Технические характеристики:

- расстояние между базовыми станциями вдоль выработки (типовое): 200 м;
- питание: от контроллера кластера базовых станций (искробезопасные цепи ia), либо от внешнего источника 12 В;
- потребляемая мощность (без учета заряда аккумулятора): 3,5 Вт;
- время автономной работы (от резервных источников питания): 16 часов;
- скорость передачи данных по интерфейсу SBNI12-10 (провод ТППШВ 0,64): до 2 Мбит/с;
- дальность связи по интерфейсу SBNI12-10 (провод ТППШВ 0,64): до 7000 м;
- масса: 36 кг

2) Базовая станция Wi-Fi 2.4 ГГц. Эта базовая станция Wi-Fi 2.4 ГГц; 802.11 b/g/n; 500 мВт; 2 x RP-SMA разъема для внешней антенны (Антенны в комплект не входят); WPA/WPA2; WPA-PSK/WPA2-PSK (AES/TKIP); 1 x FE (10/100 Base-T); IP65; Грозозащита; 24 DC (PoE-инжектор в комплекте); -30 ...+70 °C; 164x92x32 мм. Корпус пластик.

3) Базовая станция WBS-2400, она обеспечивает широкополосный беспроводной доступ и работает в диапазоне 2,4 ГГц. Она использует массив 6 антенн + 6 приемников и на основе технологии формирования диаграммы направленности обеспечивает превосходную связь, увеличенную дальность и пропускную способность.

Использование технологии SDMA позволяет удвоить скорость входящего трафика.

Отличные технические показатели оборудования позволяют операторам предоставлять высококачественный доступ на основе технологии Wi-Fi с помощью меньшего числа станций и за меньшую стоимость.



Wavlon Base Station 2400

Рисунок 16 - Базовая станция WBS-2400

4) Базовая станция WOP-12ac-LR.



Рисунок 17 - Базовая станция WOP-12ac-LR.

WOP-12ac-LR – базовая станция Wi-Fi стандарта IEEE 802.11ac (5G Wi-Fi). Незаменима для организации беспроводной сети передачи данных в городских кварталах. Позволяет предоставить абонентам БШПД доступ в интернет в радиусе до 5 км. Станция Wi-Fi работает с применением как всенаправленных Omni-антенн, так и секторных антенн. Частотный диапазон –4,9–5,85ГГц.

5) Базовая станция MikroTik NR2-912UAG-SECM90-BS



Рисунок 18 - Базовая станция MikroTik NR2-912UAG-SECM90-BS

MikroTik NR2-912UAG-SECM90-BS - базовая станция (точка доступа, хотспот), для работы на частоте 2400 МГц с усилением 14 дБи MiMo 2x2 и углом сектора 90 градусов на расстоянии до 5 километров, с сетевым портом 10/100/1000 Мбит.

Максимальная скорость передачи данных через устройство до 100 мбит/с в полосе 20мгц и до 300 мбит/с в полосе 40мгц. При работе в качестве хотспота максимальная скорость ограничена возможностями стандартного протокола 802.11 на уровне до 25 мбит/с в режиме B/G или до 300 мбит/с в режиме N.

б) Базовая станция Aastra 68636

Базовая станция Base Station RFP 43 WLAN (IP/SIP DECT, WiFi b/g/n, базовая станция с интегрированной антенной, лицензия опционально) [14].



Рисунок 19 - Базовая станция Aastra 68636

1.8.1 Характеристики

Базовая DECT станция Aastra RFP 43 IP внутреннего исполнения и с интегрированными антеннами, поддерживает 8 голосовых каналов одновременно плюс 4 канала используются для реализации функции Handover (процесс передачи сессии абонента от одной базовой станции к другой без разрыва соединения). В базовую станцию интегрирована точка доступа Wi-Fi.

Все основные параметры базовых станций сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Основные параметры базовых станций

Название базовой станции	Базовая станция компании Wivat	Базовая станция Wi-Fi 2.4 ГГц	Базовая станция WBS-2400	Базовая станция WOP-12ac-LR	Базовая станция Mikro Tik NR2-912U AG-SECM 90-BS	Базовая станция Aastra 68636
Потребляемая мощность	3,5 Вт	15 Вт	35 Вт	20 Вт	15 Вт	25 Вт
Диапазон рабочих температур, °C	-30 ...+70	-30 ...+70	-40 ...+60	-40 ...+60	-30 ...+70	-5 ...+45
Стандарт беспроводной связи	2.4 ГГц; 802.11 b/g/n	5 ГГц; 802.11 a/n	2.4 ГГц; 802.11b/g	2.4 ГГц; 802.11 b/g/n/a/ac	2.4 ГГц; 802.11 b/g	2.4 ГГц; 802.11 b/g/n
Размеры, мм	164x92x32	164x9x32	55x390x360			200x195x30
Класс защиты	IP65	IP65	IP67	IP65	IP66	IP 20
Шифрование	WPA/WPA2; WPA-PSK/WPA2-PSK (AES/TKIP)	WPA/WPA2; WPA-PSK/WPA2-PSK	WPA, WPA2	WPA, WPA2	WPA, WPA2	WPA, WPA2

Продолжение таблицы 3

Название базовой станции	Базовая станция компании Wivat	Базовая станция Wi-Fi 2.4 ГГц	Базовая станция WBS-2400	Базовая станция WOP-12ac-LR	Базовая станция MikroTik NR2-912U AG-SECM 90-BS	Базовая станция Aastra 68636
Интерфейсы	1 x FE (10/100 Base-T)	1 x FE (10/100 Base-T)	Ethernet 10/100/1000 Base-T	1 x FE (10/100 Base-T)	1 x FE (10/100 Base-T)	1 x FE (10/100 Base-T)
Цена, тг	36 135	47 050	1 085 772	125 940	28 050 000	266 600

Из приведенных базовых станций для организации сети Wi-Fi в метро я возьму базовую станцию компании Wivat, так как она поддерживает самые удобные стандарты беспроводной связи (802.11 b/g/n), выдерживает широкий диапазон температур, у нее небольшая потребляемая мощность [15].

1.9 Выбор антенны

Антенна Ubiquiti airMax Sector 2G-16-90 ^{AM-2G16-90}.



Рисунок 20 - Антенна Ubiquiti airMax Sector 2G-16-90 AM-2G16-90

Высокопроизводительная секторная антенна Ubiquiti AirMax Sector 2G-16-90 с коэффициентом усиления 16 dBi — один из важнейших элементов построения многоканальных систем типа «точка-много точек». Ширина развертки антенны составляет 90° по горизонтали, рабочая частота — 2,4 ГГц.

Технические характеристики этой антенны представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики антенны Ubiquiti airMax Sector 2G-16-90 AM-2G16-90

Технические характеристики	Значения
Производитель	Ubiquiti
Диапазон частот, МГц	2300-2700
Поляризация	двойная линейная
Коэффициент усиления, дБ	15,0 - 16,0 dBi
Выходная мощность	28dBm (600 мВт)
Ширина диаграммы направленности	В вертикальной плоскости В горизонтальной плоскости: 90
Входное сопротивление, Ом	50 om
Исполнение	Всепогодное
Габаритные размеры рефлектора, мм	367 x 63 x 41
Разъём	gp-SMA гнездо
Вес	5.5 кг

Для организации сети нам будет достаточно одной такой антенны.

2. Расчетная часть дипломного проекта

2.1 Характеристики объекта

Станция «Байконыр», показанная на рисунке 21 - глубокого заложения. Расположена в районе пересечения проспекта Абая и улицы Байтурсынова.



Рисунок 21 - Станция «Байконыр»

Входы-выходы в подземный вестибюль расположены вдоль улицы Байтурсынова на юго-восточном и юго-западном пересечении с проспектом Абая.

Юго-восточный вход оборудованным двухленточным эскалатором высотой подъема 6,0 м, длиной 12,0 м.

Станция глубокого заложения (глубина 20 м) колонного типа с междупутьем 18,1 м. Состоит из трёх залов — центрального и двух боковых, которые образуют общую островную платформу шириной 15,2 м и длиной 104 м. Спуск-подъем на станцию по эскалаторам (4 ленты) высотой подъема 20,0 м, длиной 40,0 м, показано на рисунке 22.

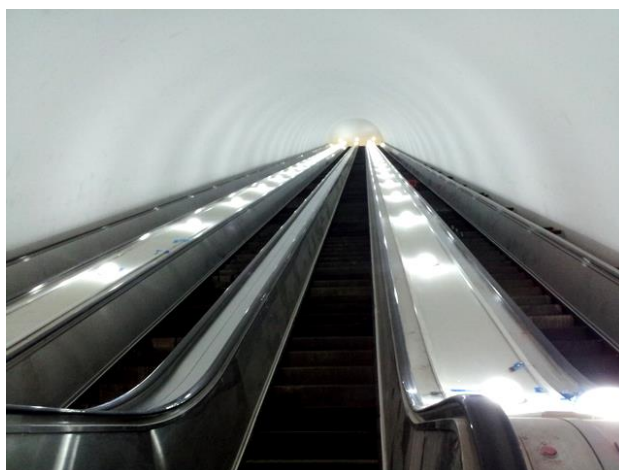


Рисунок 22 - Спуск-подъем на станцию по эскалаторам

Дизайн станции в стиле хайтек связан с космодромом Байконур. Для отделки стен использована облицовка металлическими панелями голубого и светло-серого цветов. Пол выложен гранитом серого цвета. В торце платформенного участка установлено рекламно-информационное табло «видеостена», собранное из 16 светодиодных дисплеев.

Вид станции «Байконур», а так же это и есть зона покрытия изображена на рисунке 23.



Рисунок 23 – Вид самой станции метро (зона покрытия)

2.1.1 История строительства станции «Байконыр»

- Начало 2008 года. Метростроители прошли 5—10 метров наклонного хода. Сроки срываются из-за того, что уже 3 месяца нет металлических тубингов.

- Май 2008 года. Началось строительство венткиосков. 20 мая началось раскрытие станции.

- Апрель 2010 года. Проводятся работы по сооружению вестибюля, основной обделки среднего станционного тоннеля, внутренних конструкций платформенной части, а также прокладке инженерных сетей. Во втором полугодии планируется монтаж эскалаторов.

2.1.2 Ближайшие объекты от станции «Байконыр»:

- Дворец спорта имени Балуана Шолака;
- Центральный стадион;
- ТД «Променад»;
- КазНТУ им. Сатпаева;
- Алматинский университет энергетики и связи;
- Академия туризма и спорта.

На рисунке 24 показан вид в разрезе станции.

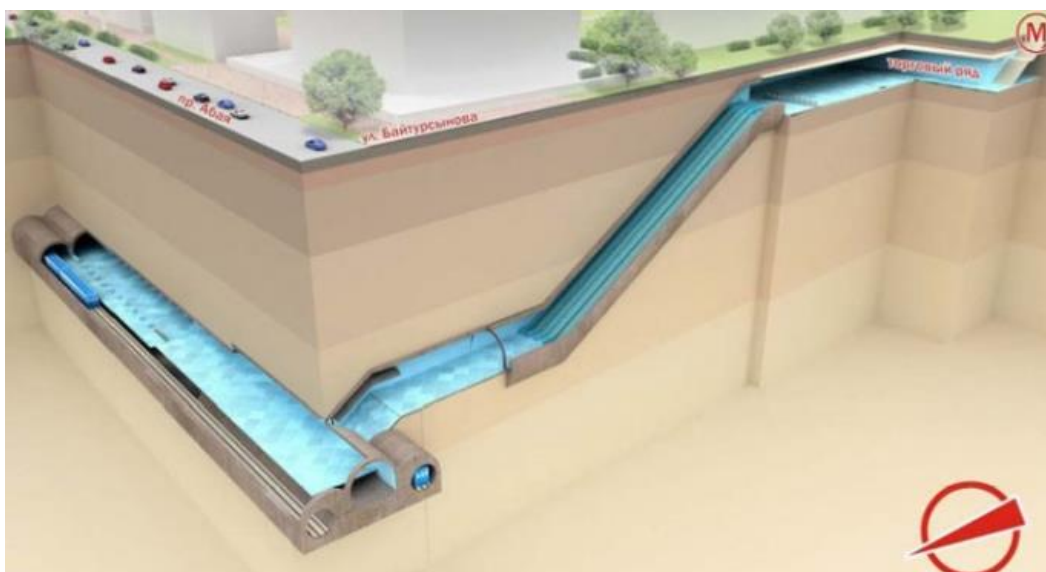


Рисунок 24 – Вид в разрезе

На данной станции метро будем производить организацию сети Wi-Fi. Так как станция находится под землей, нам нужно подключиться к наружной базовой станции. Для подключения мною была выбрана базовая станция на дворце спорта. От нее в техническую комнату станции нам нужно будет протянуть кабель. Месторасположение технической комнаты и схема протяжки кабеля изображены на рисунках 25 и 26 соответственно.

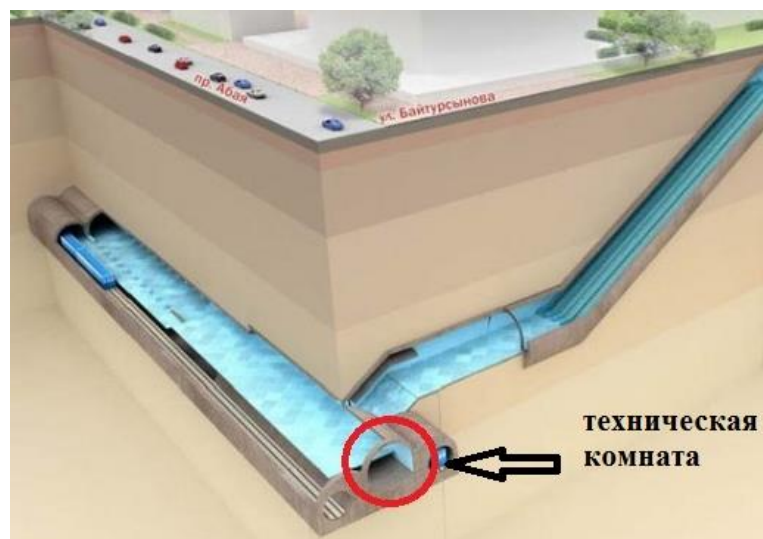


Рисунок 25 – Месторасположение технической комнаты в метро

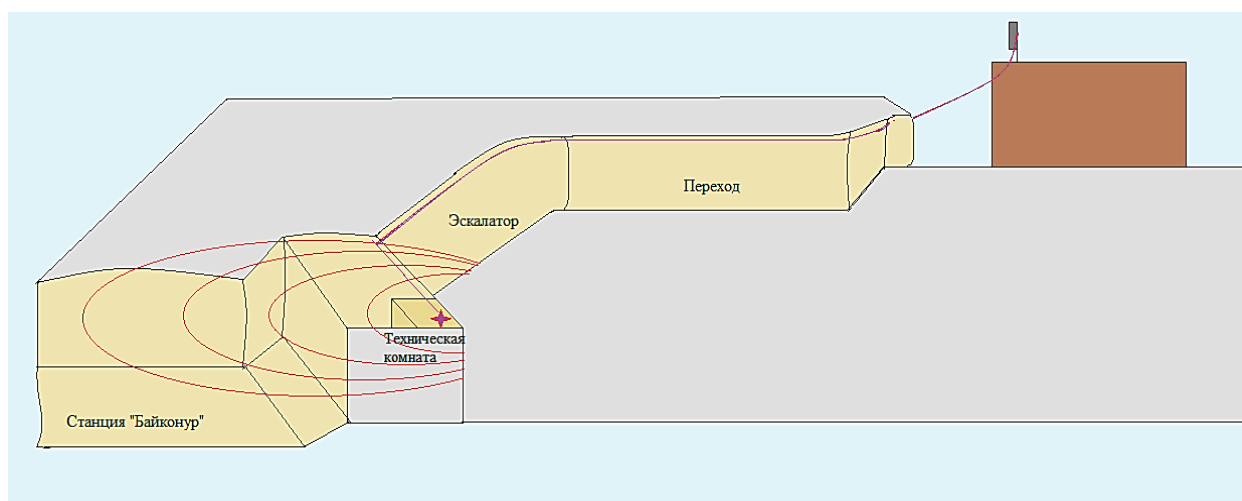


Рисунок 26 – Схема протяжки кабеля

2.2 Описание выбранного оборудования

2.4 ГГц Wi-Fi базовая станция WF-2BS/1. Это - мощная и высокоскоростная (до 300Мбит/с) 2.4ГГц Wi-Fi базовая станция уличного исполнения с поддержкой технологии 802.11b/g/n. В устройстве реализованы технологии пространственного (2·2 MIMO) и временного (TDMA) мультиплексирования с целью передачи нескольких информационных потоков по одному каналу. Конструкция станции позволяет применять антенны с различными характеристиками (коэффициентом усиления, поляризацией) для организации связи на различных расстояниях, в том числе, доступа в Интернет в сельской местности, передачи данных, а также решения многих других задач.

Особенности:

- расстояние передачи зависит от параметров применяемой антенны;
- скорость передачи до 300Мбит/с;

- частотный диапазон: 2.4...2.4835МГц;
- технологии 2×2 MIMO и TDMA;
- степень защиты IP65;
- простая установка и подключение;
- инжектор питания PoE: – DC24V, 0.75A.

2.3 Установка оборудования и его настройка

Требования к монтажу:

- базовая станция WF-2BS/1;
- 12 мм и 13 мм гайковерты;
- экранированный Категория 5 (или выше) кабели должны использоваться для всех проводных соединений Ethernet и должны быть заземлены через землю переменного тока с поддержкой PoE.

2.3.1 Установка оборудования

1) Подключаем ВЧ кабели к разъемам меченых цепи 0 и цепи 1 на ракете.



Рисунок 27 - Подключаем ВЧ кабелей

- 2) Устанавливаем ракету на ракету кронштейн для монтажа:
- совмещаем монтажные выступы на задней части ракеты с четырьмя монтажными отверстиями на кронштейне;
 - вставляем Rocket вниз, пока он не встанет на место.



Рисунок 28 – Кронштейн для монтажа

3) Подключаем другие концы радиочастотных кабелей в РФ разъемы на антенне.



Рисунок 29 – Подключение радиочастотных кабелей в РФ разъемы на антенне

4) Сдвигаем защитный кожух вниз по ракете до того как он закрепится на ракете крепления кронштейна.



Рисунок 30 – Подсоединение точки доступа к антенне

- 5) Прикрепляем U-образные кронштейны к антенне:
- а. закрепляем шлицевой U-образный кронштейн к верхнему наконечнику монтажной антенны с помощью двух зазубренных гаек фланца;
 - б. закрепляем другой U-образный кронштейн для нижних выступа Монтажной антенны с помощью двух зазубренных гаек фланца.



Рисунок 31 - Прикрепление U-образных кронштейнов к антенне

- б) Вставляем два болта в каждый полюс кронштейна.

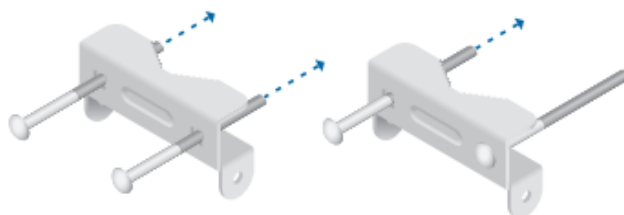


Рисунок 32 – присоединение болтов в кронштейн

- 7) Прикрепляем каждый полюс кронштейн к каждой U-образной скобе с помощью двух зазубренных фланцевых болтов. Вручную затягиваем болты.



Рисунок 33 – Антенна со всеми кронштейнами

8) Для того, чтобы установить антенну к полюсу, сдвигаем шест зажимаем над каждой парой болта. Закрепляем каждый зажим с двумя зубчатыми гайками фланца.



Рисунок 34 – Монтаж на трубу

9) Антенна имеет электрический downtilt 4 °. Для дальнейшей регулировки угла наклона:

- а. ослабляем четыре зубчатых фланцевых болта на U-образных кронштейнах и две с зубчатыми гайками фланца на верхней Полюсе;
- б. вставляем антенну на желаемый наклон. (скоба скользит вдоль полюса, в зависимости от угла наклона высоты наклона.);
- в. затягиваем все болты и гайки приблизительно 25 Н-м.

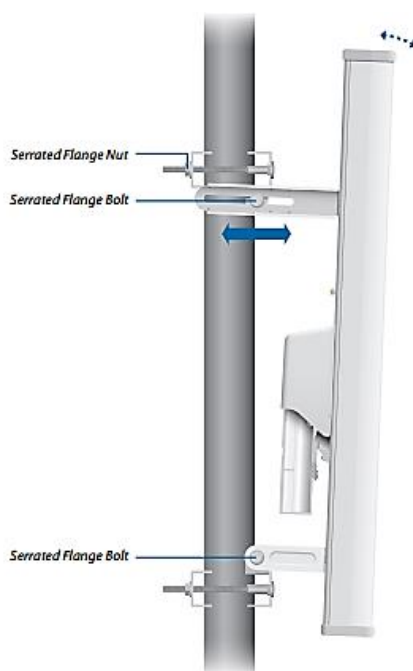


Рисунок 35 – Выбор угла наклона

2.3.2 Настройка оборудования

Теперь, когда оборудование установлено, его необходимо настроить.

1 Подключение оборудования.

а) Подключение к ПК и адаптеру PoE.

Подключение Wi-Fi оборудования производится согласно схеме, изображенной на рис.36.

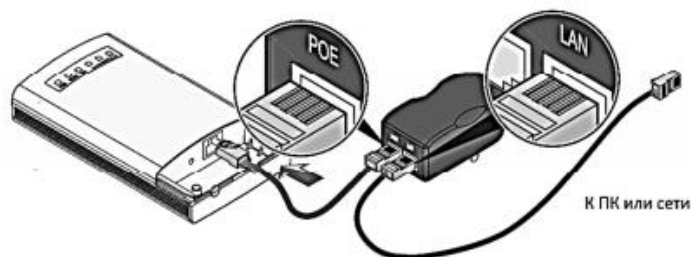


Рисунок 36 - Подключение Wi-Fi оборудования

Подключаем один конец Ethernet-кабеля к порту POE адаптера питания PoE, а другой конец кабеля – к порту RJ45 устройства. Другим кабелем присоединяем порт LAN адаптера питания PoE к ПК или коммутатора. Включаем адаптер питания в электрическую сеть.

б) Настройка сети.

1. Убеждаемся, что все кабели подключены правильно.
2. Устанавливаем на ПК статический адрес IP вида 192.168.1.x (x может быть в диапазоне 10-254).
3. Набираем в адресной строке браузера адрес 192.168.1.2 (ждем несколько секунд после включения устройства).
4. Когда появится приглашение, вводим имя пользователя «admin» и пароль «admin» (рис37.).

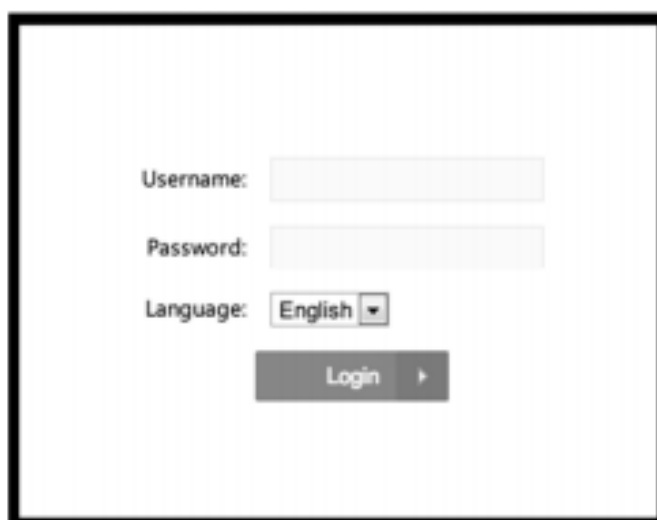


Рис.37 – Окно настройки

2.3.3 Настройка программного обеспечения

На рисунке изображена главная страница на которой выбран статус «режим рабочей точки».

Status			
WIRELESS NETWORK SYSTEM			
Radio			
Wireless Mode :	Access point	Radio Mode :	11an
Channel/Frequency :	157 / 5785	Tx Power :	19 dBm
Channel Width :	20/40MHz Plus	Tx Busy :	0
Country Code :	United States	Rx Busy :	0
Max Rate :	300 Mbps	Total Busy :	0
TDCA :	Disable		
Wireless1	⬆ [Up]		
SSID :	Demo	BSSID :	FC:AD:0F:01:50:68
Security :	NONE	Assoc Number :	1
Wireless2	⬇ [Down]		
Wireless3	⬇ [Down]		
Wireless4	⬇ [Down]		

Рисунок 38 – Окно настройки программного обеспечения

1) Панель «WIRELESS» На этой панели в основном показаны режимы работы радиоинтерфейса и другая сопутствующая информация.

Wireless mode – рабочий режим Wi-Fi устройства. Всего поддерживаются 4 режима:

- а. AP (Access Point, режим точки доступа);
- б. Station (режим «Станция»);
- в. AP WDS* – расширенный режим точки доступа;
- г. Station WDS* – расширенный режим станции *WDS (Wireless Distribution System) – беспроводная система распределения.

3 Техническая расчетная часть

3.1 Выбор кабеля и расчет его длины

Для того чтобы организовать сеть Wi-Fi в метро на станции «Байконур» необходимо подключить точку к базовой станции. Для этого будет протянут кабель от базовой станции на дворце спорта до точки доступа в технической комнате станции метро. Так как часть кабеля будет протянута по улице, будем использовать медный кабель, так как он наименее хрупкий, и при поломке его легко починить либо заменить. Также нужен кабель с разъемом RP-SMA, так как именно такой разъем у базовой станции и точки доступа.

Для сравнения возьмем два вида кабеля: кабель удлинительный TP-LINK RP-SMA - RP-SMA и кабельная сборка N-male - РК-50-3-18 10м - SMA-

male. Для того чтобы было удобнее выбирать, основные характеристики этих кабелей были сведены в таблицу 5.

Таблица 5 - Основные характеристики кабелей.

Параметр	TP-LINK RP-SMA - RP-SMA	N-male - PK-50-3-18 10м - SMA-male
Сопротивление	50 Ом	50 Ом
Температурный диапазон	от -30 до +60	от -10 до +50
Внешняя обмотка	Да	Нет
Потери	4,5дБ	5дБ

Из этой таблицы видно что по характеристикам кабель TP-LINK RP-SMA - RP-SMA лучше, поэтому протягивать будем его. Проходить кабель будет по потолку станции.

Теперь, когда кабель выбран, необходимо рассчитать его длину. Для этого разобьем весь участок на несколько отрезков:

1) от базовой станции на крыше Дворца спорта до крыши входа в метро(l_1);

2) от крыши входа в метро до входа в переход(l_2);

3) от начала перехода до конца(l_3);

4) от конца перехода до начала эскалатора(l_4);

5) От начала эскалатора до технической комнаты(l_5).

Общая длина кабеля будет равна:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5, \text{ м}, \quad (3.1)$$

Для того чтобы рассчитать необходимую длину кабеля, сначала рассчитаем длину необходимую для каждого отрезка.

1) От базовой станции на крыше Дворца спорта до крыши входа в метро.

Данный отрезок находится на улице, соответственно кабель будет свисать. Само расстояние от БС до входа составляет 100 метров, но так как кабель не будет в натянутом состоянии необходимо добавить еще 5 метров. Следовательно, на этом участке длина кабеля составит 105 метров ($l_1 = 105 \text{ м}$).

2) От крыши входа в метро до входа в переход.

На данном отрезке есть 2 варианта прокладки: под прямым углом по стене вдоль потолка, либо по диагонали по потолку. Для того чтобы не сгибать кабель дважды при дальнейшей прокладке, выбираем первый вариант. Для этого нам потребуется 50 метров кабеля ($l_2 = 50 \text{ м}$).

3) От начала перехода до конца.

Здесь прокладка будет самой легкой – по прямой. Длина перехода составляет 30 метров. Но нет необходимости проводить кабель от стены до стены. Достаточно провести до выхода из метро. Это расстояние равно 25 метрам ($l_3 = 25 \text{ м}$).

4) От конца перехода до начала эскалатора.

Здесь прокладка также идет по прямой. Расстояние равно 10 метрам, следовательно, нам понадобится 10 метров кабеля ($l_4 = 10$).

5) От начала эскалатора до технической комнаты.

Длина участка от начала эскалатора до конца составляет 45 метров. Но до технической комнаты от эскалатора ведет проход длиной 10 метров. Также кабель необходимо завести в техническую комнату и довести до точки доступа, а это еще 5 метров. Итого на данном участке мы затратим 60 метров кабеля ($l_5 = 60 \text{ м}$).

Все данные взяты из описания характеристик объекта.

Для того чтобы узнать необходимую длину кабеля, подставим значения в формулу (3.1):

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 = 105 + 50 + 25 + 10 + 60 = 250, \text{ м}$$

На дополнительные расходы кабеля необходимо рассчитать 10% от общей длины. Они будут равны 25 метрам. Итого общая необходимая нам длина кабеля равна 275 метров.

3.2 Расчет эффективной изотропной излучаемой мощности

Эффективная изотропная излучаемая мощность – мощность, с которой должна излучать ненаправленная антенна вместо направленной, чтобы в направлении максимума излучения ненаправленной антенны уровень сигнала был такой же, как при приеме от направленной антенны.

Определяется эффективная изотропная излучаемая мощность по формуле:

$$EIRP = P_{\text{ПРД}} - W_{\text{АФТПРД}} + G_{\text{ПРД}}, \quad (3.2)$$

где $P_{\text{ПРД}}$ - выходная мощность передатчика, дБм;

$W_{\text{АФТПРД}}$ - потери сигнала в АФТ передатчика, дБ;

$G_{\text{ПРД}}$ - усиление антенны передатчика, дБи.

Расчет эффективной изотропной излучаемой мощности одной точки доступа (данные представлены в таблице 6). Данные взяты из технических характеристик выбранного оборудования.

Таблица 6 – Параметры данных

Обозначение	Наименование	Ед. изм.	Значение
$P_{\text{ПРД}}$	выходная мощность	дБм	28
$G_{\text{ПРД}}$	коэффициент усиления антенны	дБи	16
$W_{\text{АФТпрд}}$	потери сигнала передатчика	дБ	5

По формуле (3.2) эффективная изотропная излучаемая мощность составляет:

$$\text{EIRP} = 28 - 5 + 16 = 39 \text{ дБм}$$

Вывод: Из расчетов видно, что данный результат соответствует нормам технического проектирования.

3.3 Расчет зоны действия сигнала

Для определения дальности работы составляется энергетический расчет, позволяющий составить основу территориального планирования всех стандартов беспроводных сетей. При процессе определяется архитектура сети и ее пространственные координаты, в которых учитывается качество обслуживания и информационная нагрузка. Следует отметить, что заданное качество принятого сигнала определяется чувствительностью приемника. Общий вид уравнения передачи может быть представлено как в формуле (3.2)[9]:

$$P_{\text{ПРМ}} = \frac{P_{\text{ПРД}} \cdot \eta_{\text{ФПРД}} \cdot G_{\text{АПРД}} \cdot \xi_{\text{П}} \cdot G_{\text{АПРМ}} \cdot \eta_{\text{ФПРМ}} \cdot \xi_{\text{С}}}{L_{\Sigma}}, \quad (3.3)$$

где $P_{\text{ПРМ}}$ – мощность радиосигнала на входе приемника (определяется чувствительностью приемника), $P_{\text{ПРМ}} = -72 \text{ дБ}$;

$P_{\text{ПРД}}$ – мощность передатчика, $P_{\text{ПРД}} = 28 \text{ дБ}$;

$\eta_{\text{ФПРД}}, \eta_{\text{ФПРМ}}$ – КПД передающего и приемного фидеров;

$G_{\text{АПРД}}, G_{\text{АПРМ}}$ – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн;

$\xi_{\text{П}}, \xi_{\text{С}}$ – коэффициенты согласования антенн с радиосигналом по поляризации;

L_{Σ} – суммарное затухание радиоволн на трассе.

КПД передающего фидера $\eta_{\text{ФПРД}} = 0,95\%$. В переводе в дБ $\eta_{\text{ФПРД}} = 10 \cdot \lg(0.95) = -0.223 \text{ дБ}$.

КПД приемного фидера $\eta_{\text{ФПРМ}} = 0,95\%$, в переводе в дБ $\eta_{\text{ФПРМ}} = 10 \cdot \lg(0.95) = -0.223 \text{ дБ}$.

Коэффициенты согласования антенн с радиосигналом по поляризации $\xi_{\Pi} = \xi_c = 90\%$ в переводе в дБ $= -0,458$.

Значение мощности радиосигнала на входе приемника выразим в децибелах относительно ватта. При этом уравнение (3.2) принимает вид:

$$P_{\text{прм}} = P_{\text{прд}} + \eta_{\text{фпрд}} + G_{\text{Апрд}} + \xi_{\Pi} + G_{\text{Апрм}} + \eta_{\text{фпрм}} + \xi_c - L_{\Sigma}, \quad (3.4)$$

По этой формуле определим величину суммарных энергетических потерь, возникающие на пути распространения радиоволн:

$$L_{\Sigma} = P_{\text{прд}} + \eta_{\text{фпрд}} + G_{\text{Апрд}} + \xi_{\Pi} + G_{\text{Апрм}} + \eta_{\text{фпрм}} + \xi_c - P_{\text{прм}}, \quad (3.5)$$

$$L_{\Sigma} = 28 - 0,22 + 1 - 0,458 - 0,22 - 0,458 + 72 = 99,644 \text{ дБ}$$

Необходимо определить зону уверенного покрытия (приема) беспроводной сети, в которой учитываются особенности распространения сигнала внутри здания. Тем самым определяя нужное их количество для охвата территории.

Для расчета покрытий точек доступа будет использоваться Модель со многими стенами (Multi-wall model), в которой учитывается не только потери в свободном пространстве и потери на проникновение (прохождении) сигнала через стены, но также перекрытия, которые лежат на линии прямой видимости между передатчиком и приемником (3.6)

$$L = L_s + L_c + \sum_{i=1}^I k_{w,i} L_{w,i} + k_f^{\left(\frac{k_f+2}{k_f+1} - b\right)} L_f, \quad (3.6)$$

где L_s - потери в свободном пространстве;

L_c - постоянные потери (практически равное 0);

$k_{w,i}$ – количество стен i -го типа, через которые проходит сигнал (2);

k_f – количество преодолеваемых перекрытий (12);

$L_{w,i}$ – потери на прохождение через стену i -ого типа;

L_f - потери на прохождение на соседний этаж;

I – количество типов стен (обычно $I = 2$ для учета тонких и толстых стен).

Особенно важно при разработке беспроводных локальных сетей, при покрытии зданий пико-сотовой связью определение характеристик распространения сигнала внутри зданий. При каналах связи внутри помещений, расстояние между передатчиком и приемником намного меньше, что обусловлено не только геометрическими параметрами здания и

низкой мощностью передатчика, но и сильным ослаблением сигнала внутренними стенами и мебелью.

Значение уровня мощности как функции задержки в свободном пространстве хорошо аппроксимируется степенной функцией, которое обусловлено сильным влиянием прямой видимости. Канал внутри помещения имеет возможность меняться во времени. Изменение свойств канала во времени обуславливается перемещением подвижного терминала, и изменением ориентации неизотропной (направленной) антенны, а также соответственно перемещением отражающих объектов, таких, как люди, офисная мебель или оборудование. При анализе множества экспериментальных данных можно выявить, что потери на распространение сигнала внутри помещений можно оценить по формуле (3.7).

$$L_s = L(d_0) + 10n \lg\left(\frac{d}{d_0}\right), \quad (3.7)$$

где $L(d_0)$ - основные потери передачи при отсутствии препятствий в пределах прямой видимости;

n - показатель степени показывающий, как быстро возрастают потери сигнала при распространении с увеличением расстояния;

d_0 - это эталонное расстояние между передающей и приемной антеннами;

d – разнесение между ТД и сетевым адаптером.

Эталонное расстояние d_0 предполагает, что в его пределах, между приемной и передающей антеннами, имеет место беспрепятственное распространение сигнала в свободном пространстве.

Потери по линии по прямой видимости $L(d_0)$ рассчитываются по формуле (3.8):

$$L(d_0)[\text{дБ}] = -27,56 + 20 \lg f[\text{МГц}] + 20 \lg r[\text{м}] = -27,56 + 20 \lg 2,4 + 20 \lg 104 = 20,38 \text{ дБ} \quad (3.8)$$

где f - несущая частота передатчика

Из (3.8) максимальная зона покрытия определяется как:

$$\lg\left(\frac{d}{d_0}\right) = \frac{L - L_0 - \sum_{i=1}^I k_{w,i} L_{w,i} - k_f \left(\frac{k_f + 2}{k_f + 1} - b\right) L_f}{10n}, \quad (3.9)$$

где $d_0 = 1\text{м}$, тогда:

$$\lg d = \frac{L - L_0 - \sum_{i=1}^I k_{w,i} L_{w,i} - k_f \left(\frac{k_f + 2}{k_f + 1} - b \right) L_f}{10n}, \quad (3.10)$$

И соответственно:

$$d = 10^{\frac{L - L_0 - \sum_{i=1}^I k_{w,i} L_{w,i} - k_f \left(\frac{k_f + 2}{k_f + 1} - b \right) L_f}{10n}}, \quad (3.11)$$

Эта же формула для расчета покрытия в одной плоскости примет вид:

$$d = 10^{\frac{L - L_0 - \sum_{i=1}^I k_{w,i} L_{w,i}}{10n}}, \quad (3.12)$$

В таблице 7 сведены исходные данные для выполнения расчетов.

Таблица 7 - Исходные данные

Параметры	Значение
Мощность передатчика точки доступа, дБ	28
Коэффициент усиления антенны ТД, дБи	1
Чувствительность приемника сетевого адаптера, дБ	-72
Несущая частота, МГц	2437
Показатель степени n условий офиса	2,6
Показатель степени n для открытой местности	2,0
Затухание, вносимое толстой бетонной колонной, дБ	7

Подставив данные из таблицы в формулу (3.12) получим:

$$d = 10^{\frac{L - L_0 - \sum_{i=1}^I k_{w,i} L_{w,i}}{10n}} = 10^{\frac{99,64 - 20,38 - \sum_{i=1}^2 2 \cdot 12}{10 \cdot 2,6}} = 10^{2,13} = 135 \text{ м}$$

Рассчитав зону действия сигнала с учетом всевозможных потерь, видно что станция метро будем полностью обеспечена сетью Wi-Fi.

3.4 Расчет дальности работы Wi-Fi в зависимости от мощности передатчика и усиления антенны

Расчет потерь в свободном пространстве определяется по формуле

$$FSL = 33 + 20 \cdot (\lg F + \lg D), \quad (3.13)$$

где FSL(FreeSpaceLoss) – потери в свободном пространстве (дБ);

F – центральная частота канала на котором работает система связи (МГц);

D–расстояние между двумя точками(км).
Дальность связи определяется по формуле:

$$D = 10^{\left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} - \lg F\right)}, \quad (3.14)$$

Найдем расстояние, на котором будет стабильно работать связь.

Характеристики устройств:

- мощность передатчика: 28 дБмВт;
- чувствительность: -72дБмВт;
- коэффициент усиления штатной антенны: 16 дБи;

Потерь в антенно-фидерном тракте, т.е. между беспроводными точками и их антеннами, нет.

Определим расстояние:

Параметр FSL который определим по формуле (3.13) равен:

$$FSL=28+16-(-72)-15= 101 \text{ дБ.}$$

По формуле (3.14) находим дальность работы беспроводного оборудования на данной скорости (в качестве примера возьмем шестой канал):

$$D=10^{\left(\frac{101}{20} - \frac{33}{20} - \lg 2437\right)} = 0.919 \text{ км} = 919 \text{ м}$$

Вывод: длина станции метро 104 метра. Из расчетов дальности связи видно, что выбранное оборудование полностью покрывает выбранную зону.

4 Безопасность жизнедеятельности

4.1 Анализ условий труда обслуживающего персонала при эксплуатации технического оборудования

В данном дипломном проекте рассматривается организация Wi-Fi сети в Алматинском метрополитене на станции «Байконур», с целью предоставления высокоскоростного доступа в Интернет.

Технический персонал состоит из двух сотрудников: главный технический специалист и диспетчер поддержки и мониторинга беспроводной сети.

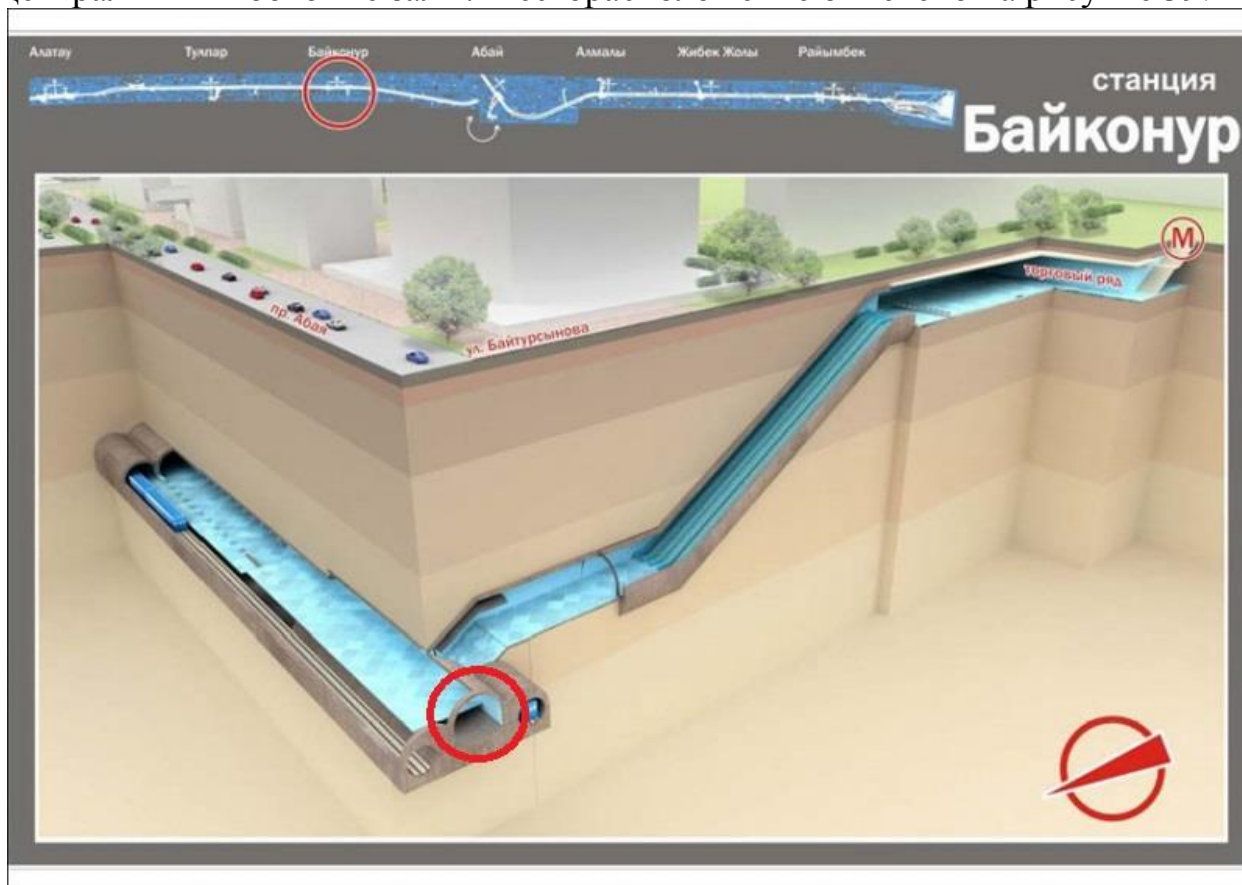
Работа сотрудников непосредственно связана с компьютером, а соответственно с вредным дополнительным воздействием целой группы факторов, что существенно снижает производительность их труда.

К таким факторам можно отнести:

- неправильная освещенность;
- нарушение микроклимата;

Операторская комната Wi-Fi сети в Алматинском метрополитене на линии «Байконур» имеет следующие размеры:

- Помещение находится в Алматинском метрополитене на станции «Байконур» на глубине 20 метров. Для удобства размещения базовой станции, комната расположена в левой части платформы так, чтобы она могла покрыть центральный и боковые залы. Месторасположение отмечено на рисунке 39.



Рабочие места операторов и главного технического специалиста состоят из следующих компонентов:

- Персональные компьютеры работников подвергаются профилактическим проверкам ежемесячно. Поэтому опасности для жизни и здоровья персонала фактически не представляют.

56

вынужденной рабочей позой. Эти факторы отрицательно сказываются на самочувствии работающего.

Вредными производственными факторами в операторской являются: - недостаточная освещенность рабочего места.

План помещения операторской связи, где размещены рабочие места операторов и главного технического специалиста изображен на рисунке 40.

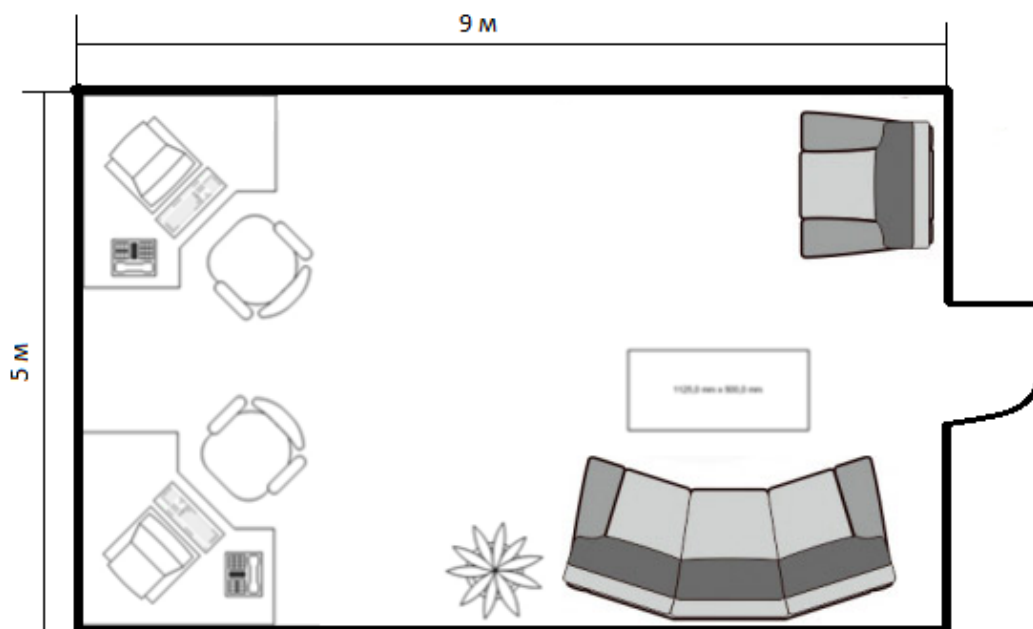


Рисунок 40 - План размещения операторской связи

Рабочее место состоит из следующих компонентов:

- два стола;
- два эргономических стула;
- два персональных компьютера, один из которых выполняет также функции сервера (Team Server P4000CW (Intel Xeon E5 - 2600 v3) и Intel Core i7 965XE);

Помещение в операторской не относится к числу помещений с повышенным уровнем шума. Нормированная суммарная мощность шума не превышает 60 дБ. В целях предотвращения поражения электрическим током в системе питания электрооборудования предусмотрено защитное зануление (все вилки и розетки имеют контакты зануления).

Объем помещений, в которых размещен работник операторской, не должен быть меньше 15 м³ /человека с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Воздух, поступающий в помещение, должен быть очищен от загрязнений, в том числе от пыли и микроорганизмов. Рабочее помещение по вопросам пожарной безопасности относится к классу Д1 (с малой дымообразующей способностью).

4.2 Параметр микроклиматических условий

Микроклимат в операторской соответствует оптимальным и допустимым параметрам. Согласно ГОСТ 12.1.005-76 ССБТ «Воздух рабочей зоны, общие санитарно-гигиенические требования», работа людей в нашем помещении относится к первой категории (таблица 8).

Таблица 8 - Категории работ по энергозатратам организма

Работа	Категория	Энергозатраты Организма Дж/с (ккал/ч)	Характеристика работы
Легкая физическая	I а	Менее 138	Производится сидя и не требует физического напряжения
	I б	138-172	Производится сидя, стоя или связана с ходьбой и сопровождается некоторым физическим напряжением

Микроклиматические условия в операторской согласно ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ можно охарактеризовать как оптимальные (таблица 9).

Таблица 9 - Оптимальные нормы параметров микроклимата

Период работы	Категория работы	Т, °С	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	I а	22-24	0,1
	I б	31-23	0,1
Теплый	I а	23-25	0,1
	I б	22-24	0,2

В любой из периодов года микроклиматические параметры в нашем помещении не превышают установленных допустимых значений: температура летнего периода + 24°С, температура зимнего периода +21°С, +24° С, относительная влажность воздуха – 60% при температуре ниже 36°С, скорость движения воздуха не превышает 0,2 м/с в любой период года.

В таблице 10 представлены допустимые значения параметров микроклимата в холодный/теплый период года.

Таблица 10 - Допустимые значения параметров микроклимата в холодный/теплый период года

Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
I а	21-25/22-28	75/55 при 28°С	0,1/0,1-0,2

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 помещение по содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны можно соответствовать 4 классу опасности. В таблице 11 представлены нормирование показателей для классов опасности.

Таблица 11 - Нормирование показателей для класса опасности

Наименование	Норма для класса опасности
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Малоопасные, 4
	Более 10,0
Средняя смертельная концентрация в воздухе рабочей зоны, мг/ж ³	Более 50000

Согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Оптимальные и допустимые нормы микроклимата, в зависимости от категории работ», работа людей в помещении относится к работе лёгкой тяжести (Iа), так как управление оборудованием осуществляется дистанционно с помощью компьютеров. С целью создания нормальных условий для работников предприятий связи установлены нормы производственного микроклимата.

В помещениях при работе с ЭВМ должны соблюдаться следующие климатические условия:

Холодный период года:

- оптимальная температура 22-24 С°, допустимая температура 18-26 С°;
- относительная влажность 40-60 %, допустимая влажность 75%;
- скорость движение воздуха относительная и допустимая 0,1 м/с;

Тёплый период года:

- оптимальная температура 23-25 С°, допустимая температура 20-30 С°;
- относительная влажность 40-60 %, допустимая влажность 55%;
- скорость движение воздуха относительная 0,1 м/с и допустимая 0,1-0,2 м/с.

4.3 Расчет системы искусственного освещения помещения

Помещение зала имеет естественное освещение через два боковых окна, и искусственное освещение, которое позволяет вести работы в темное время суток и днем в местах, где показатель КЕО не соответствует нормативам.

Поэтому рассчитаем общее освещение помещения аппаратного зала длиной $A = 9$ м., шириной $B = 5$ м., высотой $H = 3,5$ м. С побеленным потолком, светло-зелеными стенами и без окон. Разряд зрительной работы – III высокой точности. Нормируемая освещенность – 200 лк. Для помещения используем люминесцентную лампу с мощностью 40 Вт и световым потоком, равным $\Phi = 2120$ лм.

Определение расчетной высоты подвеса:

$$h = H - h_{\text{св}} - h_{\text{рп}}, \quad (4.1)$$

$$h = 3,5 - 1,2 - 0,9 = 1,4 \text{ м}$$

где H - высота помещения;

$h_{\text{рп}}$ - высота рабочей поверхности в цеху, (0,8-1 м);

$h_{\text{св}}$ - высота свеса светильника (0 -1,5 м);

Расстояние между светильниками (L):

$$L = \lambda \cdot h, \quad (4.2)$$

$$L = 1,4 \cdot 1,3 = 1,82 \text{ м,}$$

где $\lambda = 1,2 - 2,4$.

Определим индекс помещения I :

$$I = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{9 \cdot 5}{1,4 \cdot (9+5)} = 2,3$$

Коэффициенты отражения от потолка стен и пола равны:

$$\rho_{\text{пот}} = 0,7 ;$$

$$\rho_{\text{ст}} = 0,5.$$

Определим коэффициент использования η по таблице: $\eta = 0,43$.

В качестве светильника возьмем ЛБ, рассчитанный на две лампы мощностью 40 Вт (778 x 584мм) и световым потоком, равным $\Phi_{\text{л}} = 2120$ лм., световой поток, излучаемый светильником $\Phi_{\text{св}}$ равен:

$$\Phi_{\text{св}} = \Phi_{\text{л}} \cdot 2, \quad (4.3)$$

$$\Phi_{\text{св}} = 2120 \cdot 2 = 4240 \text{ лм}$$

Определим число светильников:

$$N = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot \eta \cdot n}, \quad (4.4)$$

где S – площадь помещения, $S=45$ м.;

K_3 – коэффициент запаса, $K_3=1,5$;

E – заданная минимальная освещенность, $E=200$ лк.;

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z=1,1$;

$\Phi_{\text{л}}$ – световой поток выбранной лампы, $\Phi_{\text{л}}=2120$ лм.;

η – коэффициент использования, $\eta=0,43$.

n – количество ламп в светильнике;

$$N = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 45 \cdot 1,1}{2120 \cdot 0,43 \cdot 2} = 8$$

Расположение светильников показано на рисунке 41.

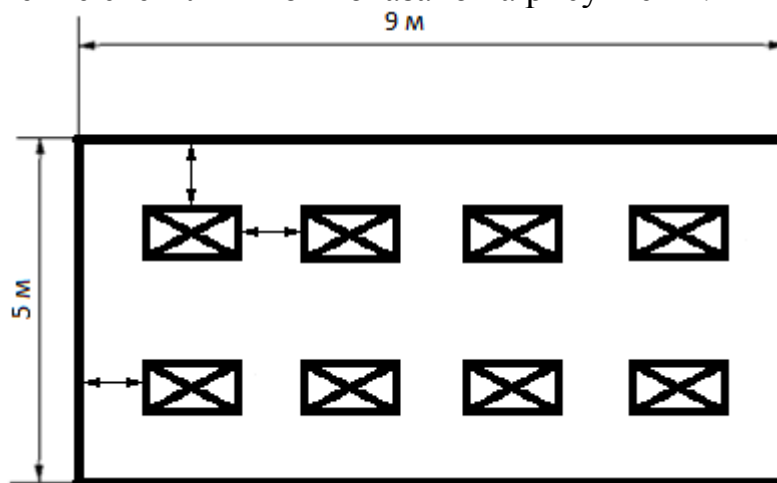


Рисунок 41 – Расположение светильников в помещении

Всего для создания нормируемой освещенности 200 лк необходимо 8 светильников серии ЛБ с 2 лампами в светильнике, итого 16 люминесцентных ламп, мощность каждой лампы должна быть не меньше 40 Вт.

4.4 Анализ пожарной безопасности

Согласно СНиП 2.04.09-84 здание по степени опасности развития пожара, от функционального назначения и пожарной нагрузки горючих материалов, относится к 1-ой группе категории D.

Причинами возникновения пожара могут быть:

- возгорание элементов аппаратуры;
- возгорание отделочных материалов от неисправных выключателей, розеток;
- несоблюдение режимов эксплуатации оборудования, неправильное действие персонала.

При возникновении пожара может пострадать не только помещение, но и дорогостоящая аппаратура, привести к человеческим жертвам. Поэтому

необходимо чтобы были приняты меры по раннему выявлению и ликвидации пожаров. Источниками зажигания могут оказаться электронные схемы ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционеры воздуха, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, и др.

В соответствии с требованиями правил пожарной безопасности помещение оборудованы углекислотными огнетушителями ОУ-5 с учетом – один огнетушитель на 100 м^2 . Общая площадь помещения управления составляет 45 м^2 таким образом устанавливаются 1 огнетушитель. В качестве огнетушащего вещества применяется комбинированный углекислотно-хладоновый состав. Расчетная масса комбинированного углекислотно-хладонового состава m_d , кг, для объемного пожаротушения определяется по формуле:

$$m_d = k \cdot g_n \cdot V, \quad (4.5)$$

где $k = 1,2$ – коэффициент компенсации не учитываемых потерь углекислотно-хладонового состава;

$g_n = 0,04$ – нормативная массовая концентрация углекислотно-хладонового состава;

V – объем помещения, м^3 .

$$V = A \cdot B \cdot H, \quad (4.6)$$

где $A = 9 \text{ м}$ – длина помещения;

$B = 5 \text{ м}$ – ширина помещения;

$H = 3,5 \text{ м}$ – высота помещения.

Тогда: $V = 9 \cdot 5 \cdot 3,5 = 157,5 \text{ м}^3$

Следовательно: $m_d = 1,2 \cdot 0,04 \cdot 157,5 = 7,56 = 8 \text{ кг}$

Расчетное число баллонов ξ определяется из расчета вместимости в 20-литровый баллон 12 кг углекислотно-хладонового состава. Внутренний диаметр магистрального трубопровода d_i , мм, определяется по формуле:

$$d_i = 12 \cdot \sqrt{2} = 17 \text{ мм}$$

Эквивалентная длина магистрального трубопровода l_2 , м, определяется по формуле:

$$l_2 = k_1 \cdot l, \quad (4.7)$$

где $k_1=1,2$ -коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации не учитывающих местных потерь;

$l=3\text{м}$ – длина трубопровода по проекту тогда.

$$l_2=1,2 \cdot 9 = 10,8\text{м}$$

Расход углекислотно-хладонового состава Q , кг/с, в зависимости от эквивалентной длины и диаметра трубопровода равна 1,4 кг/с. Расчетное время подачи углекислотно-хладонового состава t , мин, определяется по формуле:

$$t = \frac{m_d}{60 \cdot Q} = \frac{8}{60 \cdot 1,4} = 0,1$$

Масса основного запаса углекислотно-хладонового состава m , кг, определяется по формуле:

$$m = 1,1 \cdot m_d \cdot \left(1 + \frac{k_2}{k}\right)$$

где $k_2=0,2$ – коэффициент учитывающий остаток углекислотно-хладонового состава в баллонах и трубопроводах.

$$m = 1,1 \cdot 8 \cdot \left(1 + \frac{0,2}{1,2}\right) = 10\text{кг}$$

4.5 Вывод

Таким образом, из полученных результатов можно сделать вывод, что для обеспечения нормального функционирования системы автоматического пожаротушения потребуется 1 баллон углекислотно-хладонового состава вместимостью 20 литров, с массой смеси 8 кг. Автоматические установки газового пожаротушения имеют устройства для автоматического пуска в соответствии с ГОСТ 12,4.009-83 Выводы по разделу «Безопасность жизнедеятельности».

В данном разделе был произведён анализ условий труда в рабочем помещении. Уровень условий труда признан допустимым, и данные, полученные из расчетов полностью удовлетворяют требованиям стандартов безопасности жизнедеятельности. В помещении имеется окон нет, так как оно находится под землей. Исходя из этого есть потребность в большом количестве искусственного освещения. Было установлено 8 светильников, по 2 лампы в каждом. Мощность каждой лампочки 40 Вт., световой поток 2120 лм. Электротехническое оборудование в помещении является потенциальным источником возникновения и пожароопасности. Из расчетов получили, что для обеспечения нормального функционирования системы автоматического

пожаротушения потребуется 1 баллон углекислотно-хладонового состава вместимостью 20 литров, с массой смеси 8 кг.

5 Бизнес план

5.1 Резюме

Современные технологии позволяют создавать беспроводные сети, при помощи которых у пользователей появляется возможность объединять компьютеры в группы. Это в свою очередь позволяет обмениваться данными между компьютерами, а также играть в совместные игры. На сегодняшний день существует несколько различных видов беспроводной связи - GSM, Bluetooth, WiMAX, WiFi и многое другое. Однако, говоря о создании локальных сетей, как правило, имеется в виду технология Wireless Fidelity. Это объясняется тем, что данный тип связи предоставляет высокую скорость передачи информации. Кроме этого, радиуса действия одной точки доступа вполне достаточно, чтобы покрыть квартиру, частный дом или даже создать рабочую группу на предприятии. Стоит отметить, что беспроводная связь отличается удобством, так как для выхода в интернет и объединения компьютеров в группу не нужно использовать какие-либо провода. Все происходит посредством радиосвязи. Благодаря неоспоримым преимуществам Wireless Fidelity получила огромное распространение по всему миру. С ее помощью создаются локальные группы, при этом пользователи могут иметь доступ к интернету, что упрощает решение многих рутинных задач.

WiFi является технологией, которая использует радиоволны для обеспечения подключения к сети. Подключение Wi-Fi устанавливается с помощью беспроводного адаптера для создания горячих точек - области, в непосредственной близости от беспроводного маршрутизатора, которые подключены к сети и позволяют пользователям получать доступ к интернет-услуг. После настройки Wi-Fi обеспечивает беспроводное подключение к устройствам, испуская частот между 2,4 - 5 ГГц, на основе количества данных по сети. Компьютер должен включать в себя беспроводной адаптер, который будет преобразовывать отправляемые данные в радиосигнал. Этот сигнал будет передан через антенну в декодер, называемый маршрутизатором. После этого данные будут посланы в Интернет через проводное соединение Ethernet. Поскольку беспроводная сеть работает как двусторонний трафик, данные полученные из интернета также будут проходить через маршрутизатор, чтобы быть закодированными в радиосигнал, который будет получен с помощью беспроводного адаптера компьютера [1].

5.2 Краткое описание проекта

В проекте будем прокладывать сеть Wi-Fi в Алматинский метрополитен на станцию «Бауконур». Станция «Байконыр» - глубокого заложения. Расположена в районе пересечения проспекта Абая и улицы Байтурсынова. Входы-выходы в подземный вестибюль расположены вдоль улицы

Байтурсынова на юго-восточном и юго-западном пересечении с проспектом Абая. Состоит из трёх залов — центрального и двух боковых, которые образуют общую островную платформу шириной 15,2 м и длиной 104 м. Спуск-подъем на станцию по эскалаторам (4 ленты) высотой подъема 20,0 м, длиной 40,0 м [2].

5.3 Характеристика предлагаемого продукта

Wi-Fi в целом выступает за беспроводную локальную сеть и является одной из важных технологий компьютерных сетей, так что позволяет пользователям подключаться к Интернету без проводов ради различных целей, таких как передача. Архитектура этой технология полностью основана на радиочастотах, и это удобный способ сделать беспроводную связь между двумя местами на более высоких скоростях. Wi-Fi был разработан известной группой под названием Альянс группы сетей. Как правило, она полностью на основе стандартной IEEE 802.11 [1].

Для организации Wi-Fi в Алматинском метрополитене был выбран стандарт 802.11n. Этот стандарт имеет наибольшую дальность связи, максимальную скорость передачи и поддерживается большинством устройств. Он идеально подходит в данном проекте, так как необходимо организовать высокоскоростной доступ к интернету в метро [3].

А для реализации было выбрано следующее оборудование: Базовая станция компании Wivat. WF-2BS/1 - мощная и высокоскоростная (до 300Мбит/с) 2.4ГГц Wi-Fi базовая станция уличного исполнения с поддержкой технологии 802.11b/g/n. В устройстве реализованы технологии пространственного (2x2 MIMO) и временного (TDMA) мультиплексирования с целью передачи нескольких информационных потоков по одному каналу. Конструкция станции позволяет применять антенны с различными характеристиками (коэффициентом усиления, поляризацией) для организации связи на различных расстояниях, в том числе, доступа в Интернет, передачи данных, а также решения многих других задач [4].

5.4 Стратегия маркетинга

Для того, чтобы всегда находится на связи, даже пока ждешь поезд в метро, будет организована Wi-Fi сеть в метро на примере одной станции — «Байконур». Будет предоставлен высокоскоростной доступ к интернету для тех, кто держит руку на пульсе.

5.5 Финансовый план

5.5.1 Расчет капитальных вложений

Затраты по капитальным вложениям на реализацию проекта включают в себя затраты на приобретение основного оборудования, монтаж оборудования, транспортные расходы и проектирование, и рассчитывается по формуле:

$$K_{\Sigma} = K_O + K_M + K_{TP} + K_{PP}, \quad (5.1)$$

где K_O – капитальные вложения на приобретение основного оборудования;

K_M – расходы по монтажу оборудования;

K_{TP} – транспортные расходы;

K_{PP} – затраты на проектирование.

Общий перечень необходимого основного оборудования и его стоимость приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Смета затрат на приобретение основного оборудования для реализации проекта [5].

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., тенге	Сумма, тенге (без НДС)
Антенна Ubiquiti airMax Sector 2G-16-90 ^{AM-2G16-90}	1	61 700	61 700
Базовая станция компании Wivat	1	36 135	36 135
Кабель удлинительный TP-LINK RP-SMA - RP-SMA _м	275м	100	27 500
Прочие материалы (мебель, техника)			400 000
ИТОГО:			525 335

Транспортные расходы, составляют 3% от стоимости всего оборудования и рассчитываются по формуле:

$$K_{TP} = 0,03 \cdot K_O = 0,03 \cdot 525\,335 = 15\,760 \text{ тенге}, \quad (5.2)$$

Монтаж оборудования, пуско-наладка производится инженерами-монтажниками, расходы составляют 1% от стоимости всего оборудования и рассчитываются по формуле:

$$K_M = 0,01 \cdot K_O = 0,01 \cdot 525\,335 = 5\,254 \text{ тенге}, \quad (5.3)$$

Расходы по проектированию и разработке проекта составляют 0,5% от стоимости всего оборудования и рассчитываются по формуле:

$$K_{np} = 0,005 \cdot K_o = 0,005 \cdot 525335 = 2627 \text{ тенге}, \quad (5.4)$$

Общая сумма капитальных вложений по реализации проекта составляет:

$$K_{\Sigma} = 525335 + 15760 + 5254 + 2627 = 548976 \text{ тенге}$$

5.5.2 Эксплуатационные расходы

Текущие затраты на эксплуатацию данной системы связи определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_p = \Phi OT + O_c + A_o + \mathcal{E} + H, \quad (5.5)$$

где ΦOT – фонд оплаты труда;

O_c – отчисления на соц. нужды;

AO – амортизационные отчисления;

\mathcal{E} – затраты на электроэнергию;

H – накладные затраты;

5.5.2.1 Фонд оплаты труда

В штате данного проекта состоят 3 инженера-техника. Месячная зарплата у инженера-техника составляет 80 000 тенге. Заработная плата сотрудников приведена в таблице 13.

Таблица 13 – Заработная плата сотрудников [6]

Должность	Количество	Месячная заработная плата, тенге	Годовая заработная плата, тенге
Инженер-техник	3	80 000	2 880 000

Затраты по оплате труда состоят из основной и дополнительной заработных плат и рассчитываются по формуле:

$$\Phi OT = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.6)$$

где $Z_{осн}$ - основная заработная плата;

$Z_{доп}$ - дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата в год составляет:

$$З_{осн} = 2\,880\,000 \text{ тенге}$$

Дополнительная заработная плата составляет 10% от основной заработной платы и рассчитывается по формуле:

$$З_{доп} = 0,1 \cdot З_{осн}, \quad (5.7)$$

$$З_{доп} = 0,1 \cdot 2\,880\,000 = 288\,000 \text{ тенге}$$

Общий фонд оплаты труда за год составит:

$$ФОТ = 2\,880\,000 + 288\,000 = 3\,168\,000 \text{ тенге}$$

5.5.2.2 Расчет затрат по социальному налогу

В соответствии со статьей 385 Налогового кодекса РК социальный налог составляет 11% от начисленных доходов и рассчитывается по формуле:

$$Ос = 0,11 \cdot (ФОТ - ПО), \quad (5.8)$$

где ПО – отчисления в пенсионный фонд.

ФОТ – фонд оплаты труда

0,11 – ставка на социальные нужды

Отчисления в пенсионный фонд составляют 10% от ФОТ, социальным налогом не облагаются и рассчитываются по формуле:

$$ПО = 0,1 \cdot ФОТ, \quad (5.9)$$

$$ПО = 0,1 \cdot 3\,168\,000 = 316\,800 \text{ тенге}$$

Тогда социальный налог будет равен:

$$Ос = 0,11 \cdot (3\,168\,000 - 316\,800) = 313\,632 \text{ тенге}$$

5.5.2.3 Расчет затрат на амортизацию

Амортизационные отчисления берутся исходя из того, что норма амортизации на оборудование связи составляет 25% и вычисляются по следующей формуле:

$$A_0 = H_A \cdot \sum K, \quad (5.10)$$

Где H_A - норма амортизации;

$\sum K$ – стоимость оборудования;

Тогда амортизационные отчисления составляют:

$$A_0 = H_A \cdot \sum K = 0.25 \cdot 225\,335 = 56\,334 \text{ тенге}$$

5.5.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию для производственных нужд в течение года, включают в себя расходы электроэнергии на оборудование и дополнительные нужды и рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{Z}_{\text{ЭЛ.ОБОР.}} + \mathcal{Z}_{\text{ДОП.НУЖ.}}, \quad (5.11)$$

где $\mathcal{Z}_{\text{ЭЛ.ОБОР.}}$ – затраты на электроэнергию для оборудования;

$\mathcal{Z}_{\text{ДОП.НУЖ.}}$ – затраты на дополнительные нужды;

Затраты электроэнергии на оборудование рассчитывается по формуле

$$\mathcal{Z}_{\text{ЭЛ.ОБОР.}} = W \cdot T \cdot S \cdot 24 \cdot 12, \quad (5.12)$$

где W – потребляемая мощность, $W=16,8\text{ кВт}$;

T – время работы;

S – тариф, равный $1 \text{ кВтч}=12\text{ тг}$

24 – количество рабочих дней в месяце;

12 – количество месяцев в году.

$$\mathcal{Z}_{\text{ЭЛ.ОБОР.}} = 12 \cdot 16,8 \cdot 24 \cdot 12 = 58\,060,8 \text{ тенге}$$

Затраты на дополнительные нужды составляют 5% от затрат на электроэнергию оборудования и рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{Z}_{\text{ДОП.НУЖ.}} = 0,05 \cdot \mathcal{Z}_{\text{ЭЛ.ОБОР.}}, \quad (5.13)$$

где $\mathcal{Z}_{\text{ЭЛ.ОБОР.}}$ - затраты на электроэнергию для оборудования;

Затраты на электроэнергию для дополнительных нужд:

$$З_{\text{доп.нуж.}} = 0,05 \cdot 58060,8 = 2903,04 \text{ тенге}$$

Тогда суммарные затраты на электроэнергию будут равны:

$$\mathcal{E} = 58060,8 + 2903,04 = 60963,84 \text{ тенге}$$

5.5.2.5 Расчет накладных затрат

Накладные расходы составляют 75 % от всех затрат и рассчитываются по формуле:

$$H = 0,75 \cdot (\Phi OT + O_c + A_o + З_{\text{эл.обор}}), \quad (5.14)$$

Где ФОТ – фонд оплаты труда;

Тогда накладные затраты составят:

$$H = 0,75 \cdot (3168000 + 313632 + 56334 + 60964) = 2519251 \text{ тенге}$$

Результаты расчета годовых эксплуатационных расходов проекта по построению сети Wi-Fi, представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Годовые эксплуатационные расходы [7]

Показатель	Сумма тенге
ФОТ	3 168 000
Отчисления на социальные нужды (Ос)	313 632
Амортизационные отчисления (А ₀)	56 334
Затраты на электроэнергию (Э)	60 964
Накладные расходы (Н)	2 519 251
ИТОГО	6 118 181

5.5.3 Расчет доходов

Рассчитаем условный доход, полученный от внедрения сети.

Услуга Wi-Fi предоставляет возможность пользователям ноутбуков, карманных персональных компьютеров и смартфонов, имеющих порт Wi-Fi, получить беспроводный доступ в сеть Интернет. Оплата услуги Wi-Fi в метро

будет производиться с мобильного телефона в момент подключения абонента к сети. При выборе будет отображено окошко на экране телефона/планшета, оповещающее, что подключение к сети платное, и будет удержано с баланса 5 тенге/подключение

Доход от реализации услуг рассчитывается по формуле:

$$D = (T \times n) \times N, \quad (5.15)$$

где T – месячная абонентская плата клиентов;

N – количество клиентов, По статистическим данным в среднем в метро за день 5000 пассажиров;

n – число месяцев;

$$D = (5 \times 2 \times 30 \times 12) \times 5000 = 18000000 \text{ тенге}$$

Оценки эффективности от реализации проекта производится на основе следующих показателей:

- 1) чистый доход;
- 2) чистый приведенный доход;
- 3) срок окупаемости без дисконтирования;
- 4) срок окупаемости с учетом дисконтирования.

Для расчета срока окупаемости необходимо определить чистый доход и доход предприятия после налогообложения.

Прибыль от реализации услуг определяется по формуле:

$$ЧП = П - КПН, \quad (5.16)$$

где $П$ - прибыль от реализации услуг, $КПН$ – корпоративный подоходный налог с юридических лиц. Сумма налога в бюджет составляет 20% от чистого дохода предприятия. Чистый доход предприятия после налогообложения рассчитывается по формуле:

$$КПН = 0,2 \cdot П, \quad (5.17)$$

Прибыль от реализации услуг рассчитывается по формуле:

$$П = D - \sum Э, \quad (5.18)$$

где D - реальный доход от внедрения услуг в год, $\sum Э$ – эксплуатационные расходы

КПН в соответствии с формулой (5.17) составил

$$КПН = 0,2 \cdot 11881819 = 2376364$$

Прибыль от реализации услуг в соответствии с формулой (5.18) составила

$$\Pi = 18000000 - 6118181 = 11881819 \text{ тенге}$$

Тогда чистая прибыль после налогообложения в соответствии с формулой (4.13) составит:

$$\text{ЧП} = 11881819 - 2376364 = 9505455 \text{ тенге}$$

Таблица 15 - Показатели доходов без учёта дисконтирования

Наименование показателя	1 год
Доходы от реализации услуг, тенге	18 000 000
Эксплуатационные расходы, тенге	6 118 181
Прибыль, тенге	11 881 819
Чистая прибыль, тенге	9 505 455
Амортизационные отчисления A_0 , тенге	56 334
Чистый денежный поток, тенге	9 561 789
Капитальные вложения, тенге	548 976
Чистые поступления, тенге	3 443 608

По графику на рисунке 42 графически определяется срок окупаемости средств, вложенных в проект. Без дисконтирования срок окупаемости равен 7,5 месяцам. График построен по данным таблицы 15

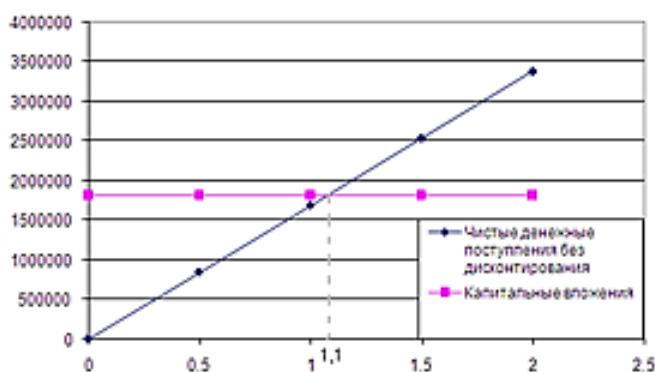


Рисунок 42- График определения срока окупаемости проекта без учета дисконтирования

Для приведения разновременных затрат к единому моменту времени необходимо произвести оценку эффективности проекта на основе показателей чистого приведенного дохода и срока окупаемости с учетом дисконтирования.

Приведенный чистый доход рассчитывается по формуле:

$$ПЧД = K_{np} \cdot ЧД \quad , \quad (5.19)$$

где ЧД– чистый доход от внедрения проекта.

K_{np} – коэффициент дисконтирования, который рассчитывается по формуле:

$$K_{np} = 1/(1 + t) \cdot t \quad (5.18)$$

Где t- год после внедрения проекта;

r – ставка дисконта составляет 0,2

Коэффициент дисконтирования для двух лет:

$$K_{np} = 1/(1 + 0.2)^1 = 0.83$$

Тогда приведенный чистый доход будет равен:

$$ПЧД = 0.83 \cdot 9561789 = 7936285 \text{ тенге}$$

Результаты расчета показателей дохода с дисконтированием представлены в таблице 16 [8]

Таблица 16 - Показатели доходов с учётом дисконтирования от реализации проекта

Наименование показателя	1 год
Доходы от реализации услуг, тенге	18 000 000
Эксплуатационные расходы, тенге	6 118 181
Прибыль, тенге	11 881 819
Чистая прибыль, тенге	9 505 455
Амортизационные отчисления A_0 , тенге	56 334

Чистый денежный поток, тенге	9 561 789
Капитальные вложения, тенге	548 976
Чистые поступления, тенге	3 443 608

По графику на рисунке 42 графически определяется срок окупаемости капиталовложений с учётом дисконтирования, который составил 9,6 месяцев. График построен на основании данных таблицы 16

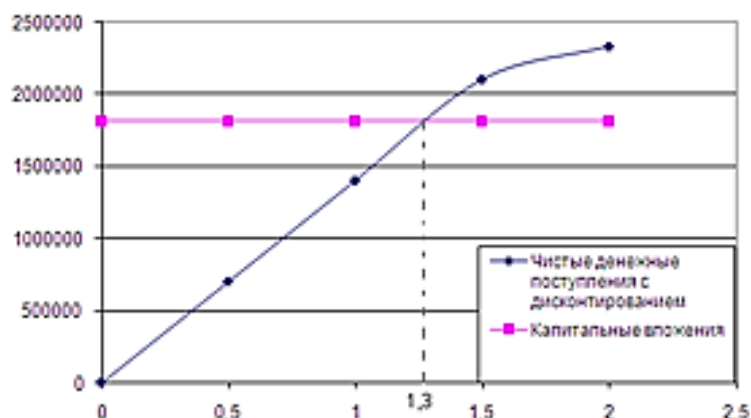


Рисунок 43 - График определения срока окупаемости проекта с учетом дисконтирования

Таким образом, срок окупаемости проекта составил 9,6 месяцев при нормативном значении 5 лет, то есть выполняется неравенства $T_p < T_n$ и $E_p > E_n$, что свидетельствует о целесообразности внедрения проекта.

5.6 Вывод по экономической части

В данной части дипломного проекта был представлен бизнес-план, в котором рассматривается вопрос об организации сети Wi-Fi в Алматинском метрополитене на станции «Байконур». Был составлен маркетинговый, организационный, производственный и финансовый план. В финансовом плане были рассчитаны капитальные вложения, эксплуатационные расходы, доходы, срок окупаемости.

Таким образом, при капитальных вложениях 548976 тенге, чистая годовая прибыль составляет 1818104 тенге, а срок окупаемости - 9,6 месяцев. Исходя из полученных значений, можно сделать вывод, что данный проект экономически эффективен.

Заключение

В своей дипломной работе я произвела обоснование проекта «Организация сети Wi-Fi в Алматинском метрополитене на станции «Байконур»». В работе был произведен анализ сети беспроводного доступа Wi-Fi.

В качестве точки доступа в метро была выбрана точка доступа компании Wivat, которая поддерживает выбранный стандарт 802.11n, и обладает необходимыми техническими характеристиками.

В технической части диплома были произведены основные расчеты, такие как расчет эффективной изотропной излучаемой мощности, расчет дальности связи и расчет длины кабеля.

В разделе безопасности и жизнедеятельности были проведены: анализ условий труда, расчет системы искусственного освещения и пожарной безопасности.

В экономической части дипломного проекта был произведен анализ рынка связи и представлен бизнес-план проектируемой системы с указанием срока окупаемости проекта.

Список литературы

- 1 Олифер В.Г., Олифер Н.А., Компьютерные сети, 3-е издание. Принципы, технологии, протоколы. Учебник для вузов. - Питер, 2006 г.
- 2 Чежимбаева К.С., Гармашова Ю.М., Технология беспроводной связи Wi-Fi. Учебное пособие, Алматы 2009 г.
- 3 Беспроводная передача данных // Интернет-страница беспроводной ПД, URL: <http://www.idexpert.ru/technology/123/> (дата обращения: 10.01.2016)
- 4 Преимущества и недостатки сети Wi-Fi // Интернет-страница достоинств и недостатков сети Wi-Fi, URL: <http://rslink.ru/preimushhestva-i-nedostatki-wi-fi/> (дата обращения 02.02.2016)
- 5 Группа стандартов Wi-Fi IEEE 802.11 // Интернет-страница стека протоколов IEEE 802.11, URL: <http://wi-life.ru/tehnologii/wi-fi/wi-fi-standarty> (дата обращения: 25.02.2016)
- 6 Построение беспроводных локальных сетей на основе ячеистой топологии // Интернет-страница технологии Mesh, URL: http://www.wireless-e.ru/articles/technologies/2006_4_24.php (дата обращения: 05.03.2016)
- 7 Семейство стандартов IEEE 802.11 // Интернет-страница стека протоколов IEEE 802.11, URL: http://network.xsp.ru/5_4.php (дата обращения: 10.03.2016)
- 8 Безопасность в сетях Wi-Fi // Интернет-страница методов шифрования сети Wi-Fi, URL: <http://www.getwifi.ru/psecurity.html> (дата обращения: 29.03.2016)
- 9 Маршрутизатор компании ASUS // Интернет-страница технического оборудования компании ASUS, URL: <http://www.asus.com/ru/News/DFhVJNpoNmeW6xRq> (дата обращения: 05.04.2016)
- 10 Коммутатор Ubiquiti TOUGH Switch PoE Pro // Интернет-страница о сведениях коммутатора, URL: <http://www.ubnt.ru/ubiquiti/tough-switches-poe-pro.htm#> (дата обращения: 20.04.2016)
- 11 Маршрутизатор TL-ER604W компании TP-Link // Интернет-страница технического оборудования компании TP-Link, URL: <http://www.tp-link.com/kz/products/details/TL-ER604W.html> (дата обращения 22.04.2015)
- 12 Подключение маршрутизатора // Интернет-страница об этапах подключения роутера, с <http://xn----8sbkearmitfk8aa1a6c1g.xn--p1ai/index.php?url=RTAC1200G> (дата обращения: 25.04.2016)
- 13 Сведения о беспроводных сетях // Интернет-страница о беспроводных ЛС, URL: <http://www.varit.ru/s-wi-fi.htm> М.К. (дата обращения 28.04.2016)
- 14 Дюсебаев, Абдимуратов Ж.С., Охрана труда и безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие, Алматы 2011 г.

15 Баклашов Н.И., Китаева Н.Ж., Терехова Б.Д.. Охрана труда на предприятиях связи и охрана окружающей среды. - Москва.: Радио и связь, 2010.

16 Сведения о беспроводных сетях // Интернет-страница URL:<http://computer.howstuffworks.com/wireless-network1.htm> (дата обращения: 02.05.2016)

17 Информация о станции «Байконур» // Интернет-страница URL:<http://www.metroalmaty.kz/?q=ru/node/49> (дата обращения: 03.05.2016)

18 Стоимость беспроводного адаптера// Интернет-страница URL: <http://www.wivat.ru/catalog/product/view/10385/10802?tmpl=component&compare=notnull5>. <http://almaty.satu.kz/p12861494-asustek-usb-ac56.html>(дата обращения: 05.05.2016)

19 Заработная плата инженеров связи в Казахстане // Интернет-страница URL: <http://www.careerjet.kz/rabota-jobs> (дата обращения: 06.05.2016)

20 Базылов К.Б., Алибаева С.А., Бабич А.А. Методические указания по выполнению экономического раздела выпускной работы бакалавров. – Алматы, АИЭС, 2009 г.

Приложение А

Таблица технических характеристик

Таблица А1 - Технические характеристики базовых станций

Название базовой станции	Базовая станция компании Wivat	Базовая станция Wi-Fi 2.4 ГГц	Базовая станция WBS-2400	Базовая станция WOP-12ac-LR	Базовая станция Mikro Tik NR2-912U AG-SECM 90-BS	Базовая станция Aastra 68636
Потребляемая мощность	3,5 Вт	15 Вт	35 Вт	20 Вт	15 Вт	25 Вт
Диапазон рабочих температур, °С	-30 ...+70	-30 ...+70	-40 ...+60	-40 ...+60	-30 ...+70	-5 ...+45
Стандарт беспроводной связи	2.4 ГГц; 802.11 b/g/n	5 ГГц; 802.11 a/n	2.4 ГГц; 802.11b/g	2.4 ГГц; 802.11 b/g/n/a/ac	2.4 ГГц; 802.11 b/g	2.4 ГГц; 802.11 b/g/n
Размеры, мм	164x92x32	164x9x32	55x390x360			200x195x30
Класс защиты	IP65	IP65	IP67	IP65	IP66	IP 20
Шифрование	WPA/WPA2; WPA-PSK/WPA2-PSK (AES/TKIP)	WPA/WPA2; WPA-PSK/WPA2-PSK	WPA, WPA2	WPA, WPA2	WPA, WPA2	WPA, WPA2
Интерфейсы	1 x FE (10/100 Base-T)	1 x FE (10/100 Base-T)	Ethernet 10/100/1000 Base-T	1 x FE (10/100 Base-T)	1 x FE (10/100 Base-T)	1 x FE (10/100 Base-T)

Цена, тг	36 135	47 050	1 085 772	125 94 0	28 050 000	266 600
----------	--------	--------	--------------	-------------	---------------	---------

Приложение Б

Расчет произведенный в программе Microsoft Office Excel 2010

Графики определения срока окупаемости проекта с учетом и без учета дисконтирования были построены в программе Microsoft Office Excel 2010

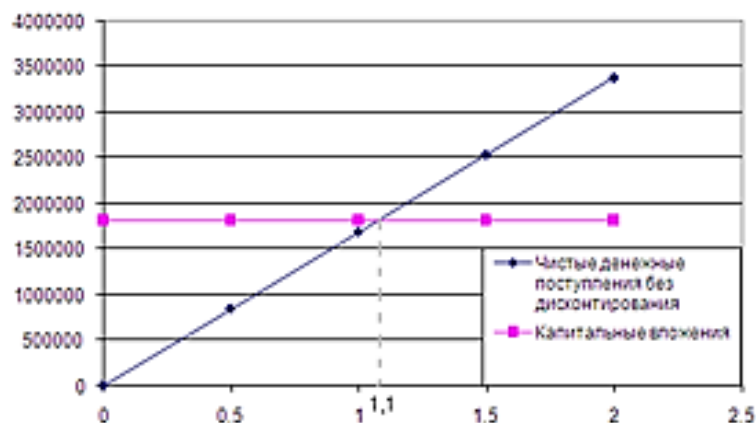


Рисунок Б1 - График определения срока окупаемости проекта без учета дисконтирования

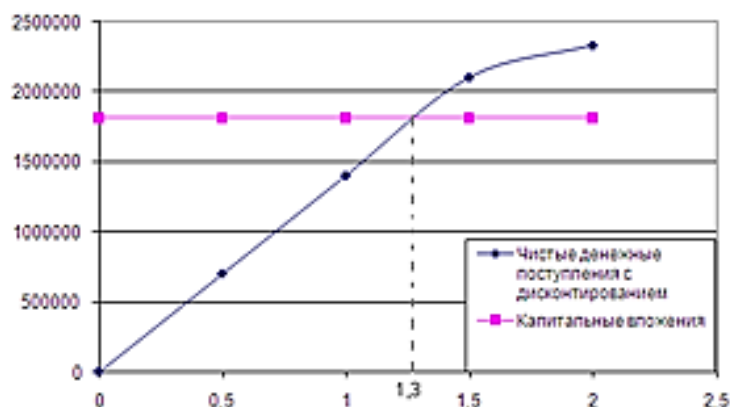


Рисунок Б2 - График определения срока окупаемости проекта с учетом дисконтирования

Приложение В

Данные расчеты были проведены в программе Mathcad 15.1

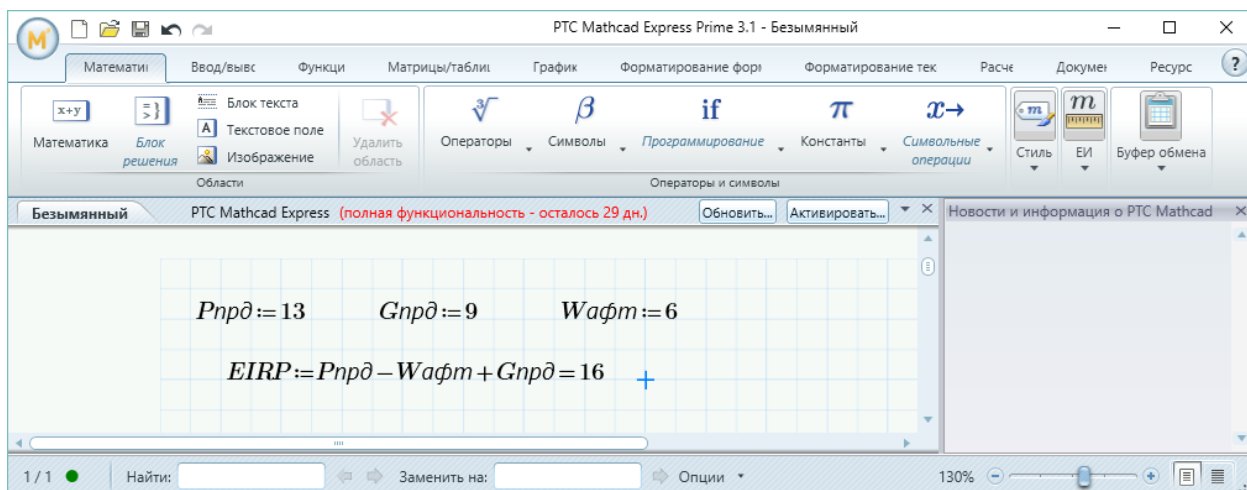
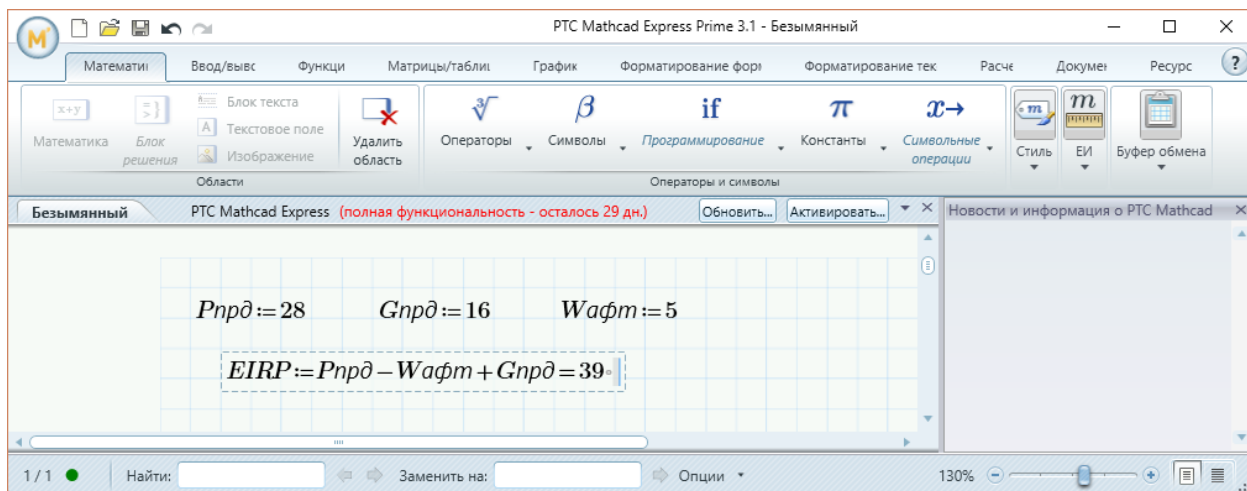


Рисунок В1 - Расчет эффективности изотропной излучаемой мощности