

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН
Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра _____

«Допущен к защите»

Зав. кафедрой _____
(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ « ____ » _____ 2016 г.
(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Организация беспроводного канала
связи для интеллектуальной системы
«Умный дом»

Специальность: _____

Выполнил: Нейртанов Досурен Группа: МТЭУ-13-2
(Ф.И.О.)

Научный руководитель: докт. техн. наук Козин Н.Д.
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

Консультанты

по экономической части: к.э.н. доцент Бекешева А.И.
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

БТ « 31 » 05 2016 г.
(подпись)

по безопасности жизнедеятельности: инженер Великветова И.С.
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

И.С. « 16 » мая 2016 г.
(подпись)

по применению вычислительной техники: к.т.н. ст. преп. Ефремов И.Ф.
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

Ефремов « ____ » _____ 2016 г.
(подпись)

Нормоконтролер: Демидова Г.Д. от пр-ва
(ученая степень, звание, Ф. И. О.)

Г.Д. « 18 » июня 2016 г.
(подпись)

Рецензент: Всесоюзный институт АС ПК Бибилекон
(ученая степень, звание, Ф. И. О.) Ефремов Н.И.

Н.И. « 16 » июля 2016 г.
(подпись)

Алматы, 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет Радиотехники и связи
Кафедра Телекоммуникационных систем
Специальность 5В071900 Радиотехники, электроники и телекоммуникации

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студенту: Мейрханулы Даурену
Тема проекта: Организация беспроводного канала связи для интеллектуальной системы «Умный Дом»

Утверждена приказом по университету № _____ от «___» _____ 2016г.

Срок сдачи законченного проекта «___» _____ 2016 г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов исследования (проектирования) и исходные данные объекта): _____

Жилой комплекс
Базовая станция BSC 2000
Характеристика 5100 Эриксон голосового сервиса
Технология 2G GSM

Перечень вопросов, подлежащих разработке в дипломном проекте, или краткое содержание дипломного проекта: _____

Обзор систем «Умный дом»
концепция беспроводного удаленного доступа
Выбор теоретических возможностей оборудования
для связи между MS > BSC > MS
Бизнес план
Безопасность информации

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): 1. Цель и задачи: построение

интеллектуальной беспроводной системы
«Умный Дом»

строение аппаратуры RBC

Оборудование системы Идентификации TestKobovics

Основная рекомендуемая литература: 1. Столпес В. Б. Проектирование линий связи и сетей Пер. с англ. М. Издательский дом «Вильямс» 2003 - 640 с

2. Е.А. Тесля «Умный дом» своими руками строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире. Тесля Е.А. Санкт-Петербург 2008 - 224 с.

3. Абдиемуратов Н.С. Разработка инженер. Мет. указаний Алматы АУЭС. 2013 г. с 20. 4. Рогоженко И.В. Экономика предприятия 2001 - 352.

Консультации по проекту с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
В.М.П.	В.М.П. А.С.	-25.04.16.	С.С.
Экономика	Деканова А.И.	31.05.16.	П.П.
Тех. часть	Козин И.Д.	19.06.16.	И.И. -
Возг. техника	Суренкова Ю.Ч.	18.06.16.	С.С.

График

подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки предоставления научному руководителю	Примечание
1.	Обзор состояние системы в РК		
2.	Обзор технологии систем «Умный дом»		

3	Описание техн возможностей системы		
4	Выбор оборудования для системы		
5	Расчет параметров беспроводного соед.		
6	Подготовка раздела БНД		
7	Подготовка раздела Жокал.		
8	Расчет ВТ.		

Дата выдачи задания «___» _____ 2016 г.

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф. И. О.)

Научный руководитель
проекта _____
(подпись) (Ф. И. О.)

Задание принял к
исполнению студент _____
(подпись) (Ф. И. О.)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жұмыста «ақылды үй» жүйесі үшін сымсыз байланыс арнасын құру мәселелері қаралды.

Теориялық бөлігі «ақылды үй» жүйесін негізгі принциптері қаралады. Есеп бөлігінде базалық станциясының негізгі сипаттамалары, және бөлмедегі сигналдың таралуы қаралды.

Адам өмірінің қауіпсіздігі бөлімінде жарық жүйесі, бөлменің шарты, электр қауіпсіздігі қаралды. Жобаның экономикалық бөлімінде бизнес-жоспарды ретінде қарастырылған. Есептеулер жобаның тиімділігін көрсетеді.

Аннотация

В данной дипломной работе были рассмотрены вопросы построения беспроводного канала связи для интеллектуальной системы «Умный дом».

Теоретическая часть содержит в себе основные принципы системы «Умный дом». В расчетной части был произведен расчет основных характеристик базовой станции. А так же состояние сигнала в помещении

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» были рассмотрены вопросы помещения, освещения, электробезопасность. В экономическом разделе проект был предоставлен в качестве бизнес плана. Расчеты показывают эффективность проекта.

Annotation

In this thesis work addressed issues of building a wireless communication channel for the intelligent system "smart house".

The theoretical part contains the basic principles of a system of "smart house". In the calculation of the payment has been made the main characteristics of the base station .

As well as the state of the signal in the room
In the " Safety" we addressed the issues of space, lighting , electrical safety .
In the economic section of the project has been provided as a business plan.
Calculations show the effectiveness of the project .

Содержание

Введение.....	13
1.1 Концепция системы «Умный дом»	14
1.2 Сенсорный контроль.....	17
1.3 Безопасность.....	17
1.4 Доступность.....	17
1.5 Энергоэффективность.....	18
1.6 Экономические преимущества	18
1.7 Будущее системы «Умный дом»	18
1.8 Возможности беспроводного соединения.....	19
1.9 Беспроводное соединение на основе ZigBee и Z-Wave	22
1.10 Значение мобильных устройств	24
2 Выбор оборудования.....	25
2.1 Оборудование фирмы Huaiwei Technologies.....	25
2.2 Радиоблок BRS	27
3 Расчетная часть.....	31
3.1 Расчет прямого канала.....	31
3.2 Расчет обратного канал	40
3.3 Исследование радиуса соты	42
4 Способы планирования беспроводной локальной сети	49
4.1 Радиочастотное планирование сети и моделирование покрытия	50
4.2 Размещение и подключение точек доступа.....	51
4.3 Расчет зоны действия сигнала с учетом помех в здании	52
3.9 Расчет дальности связи для скорости 60 Мбит/с	55
5 Безопасность жизнедеятельности.....	56
5.1 Описание рабочего помещения	56
5.2 Расчет естественного освещения.....	59
5.3 Расчет выбросов вредных веществ в процессе пайки	61
5.4 Электробезопасность	63
6.1 Определение экономической эффективности приобретения системы «Умный дом».....	65
6.2 Выбор метода определения экономической эффективности	65
6.3 Расчет себестоимости	66

6.4 Расчет цены	72
6.5 Оценка экономической эффективности.....	73
Вывод.....	74
Заключение	75
Список литературы	76
Приложение А	77
Приложение Б	79

Введение

В нынешнее время с усовершенствованием технологии все больше различных устройств добавляются в наши дома. Различные современные устройства позволяют людям гораздо легче и с большим комфортом выполнять обычные повседневные обязанности. По мере развития человечество стремится упростить все эти задачи посредством технологии типа «Умный дом». Помимо удобства в использовании данные системы позволяют также контролировать использование ресурсов, что актуально в свете современных тенденций к сохранению и экономии природных ресурсов и охраны экологии. Так, например, система может определить протечку воды в ванной комнате в отсутствие хозяев и перекрыть ее.

Существует несколько главных возможных решения для систем «Умного дома» - беспроводные и проводные системы. Основным преимуществом беспроводных систем является возможность установки дома без проведения ремонта (демонтаж покрытий, пробивка стен), а также возможность добавлять новые устройства уже после установки основной системы.

Целью данного дипломного проекта является установление беспроводного канала связи а так же удаленное управление системой «Умный дом». Для выполнения поставленной цели, мы выполним следующие задачи:

- исследовать концепцию и удобство технологии «Умный дом»;
- произвести расчет удаленного управление по средством WCDMA канала;
- произвести расчет сигнала между блоком управления и датчиками;
- рассчитать количество вредных веществ, выделяющихся в процессе пайки в рабочем помещении;
- определить экономическую эффективность покупки создаваемой системы по методу минимума приведенных затрат.

1.1 Концепция системы «Умный дом»

Первые умные дома были идеей, а не фактической системой. В течении многих десятилетий, научная фантастика исследовала идею домашней автоматизации. Многие писатели, такие как Рэй Брэдбери, представляли себе будущее, в котором дома были интерактивными. В рассказе Брэдбери, «There Will Come Soft » он описывает автоматизированный дом, который продолжает функционировать даже после того, как люди вымерли. Это все хорошо, и страшно, пока вы не учитываете фактические преимущества домашней автоматизации, а затем идея становится все более утешительные, чем пугающим. Хотя идея домашней автоматизации была в течение долгого времени, фактические умные дома только существовали в концепциях. Этот график фокусируется на оборудовании, то есть фактические изобретения, приведшие к умным домам, которые мы знаем сегодня, и можно ожидать от ближайшего будущего. Не то, что мы будем рассматривать слово "умный", это было невероятным достижением в начале двадцатого века. В 1901 году эти достижения стали достигаться с первым двигателем, с питанием от пылесоса более практичным электроэнергии питанием. Вакуум был изобретен в 1907 году на протяжении двух десятилетий будут изобретены холодильники, а также сушилки для одежды, стиральные машины, утюги, тостеры. Это было фантастическое время для тех, кто работал в качестве горничной с очень богатой семьи. 1966 - 1967 - ЭХО IV и Кухня Компьютер.

Хотя проект никогда не был коммерчески выгоден, ЭХО IV был первым интеллектуальным устройством. Это умное устройство может вычислить списки покупок, контролировать домашнюю температуру, включить и выключать технику. Кухня Компьютер, разработанный год спустя, может хранить рецепты, но был неудачный слоган, "Если она может только готовить, а также Honeywell может все" и, следовательно, не был реализовано ни одной модели. 1991 году Gerontechnology сочетает в себе геронтологии и технологии, и делает жизнь пожилых людей легче. В 1990-е годы, было много новых исследований и технологий в этом секторе. Помните, что "Я упал и не могу встать?". Жизнь оповещения является одним из примеров . 1998 - Начало 2000-х - Умные дома или домашняя автоматизация, начала расти в популярности, в начале 2000 г он достиг больших успехов. Таким образом, начали появляться разные технологии. Умные дома вдруг стал более доступным вариантом, и у жизнеспособной технологией для потребителей. Технологии, домашние сети и другие гаджеты стали появляться на полках магазинов.

Сегодня умные дома больше дают безопасность и удобства. Наши умные дома являются устойчивыми, и они помогают гарантировать, что наши дома не затрачивают ненужную энергии. Они также помогают предупредить нас о злоумышленниках. Современные тенденции в области домашней автоматизации включают в себя пульт дистанционного управления для мобильных устройств, автоматизированные освещения, автоматическое

регулирование термостата, планирование техники, мобильных, электронную почту, текстовые уведомления и удаленного видеонаблюдения. "Связь и интерактивное вождения, пусть семьи живут и управляют своими домами. Таким образом, в то время когда мы будем больше в деловых поездках, дети в школьных занятиях и социальной деятельности, эти новые интеллектуальные системы обеспечивают возможность соединения, спокойствие когда ты далеко. Высокий уровень автоматизации дает больше удобство, контроль и безопасность в любой части вашего имущества. «Все это добавляет к меньшим количеством забот и увеличения удовольствия от жизни, что-то мы все приветствуем» пишет ADT технологии, которые некоторые говорят, имеют низкую стоимость домашней безопасности, чем у других конкурентов.

Умный дом, является домом, который включает в себя передовые системы автоматизации для обеспечения жителей усовершенствованным мониторингом и контролем над функциями здания. Например, умный дом может контролировать освещение, температура, мульти-медиа, безопасность, окна и двери, а также множество других функций.

В 2003 году в Великобритании, Департамент торговли и промышленности (DTI) придумал следующее определение для умного дома: «Жилище включённое в сети связи, которое соединяет ключевые электроприборы и услуги, а также позволяет им дистанционно управлять, контролировать или получить доступ.»

Умные дома используют технологии «домашней автоматизации», чтобы обеспечить владельцам домов с "умной" обратной связи и информации, путем мониторинга многих аспектов дома. Например, у холодильника умного дома может быть каталог его содержание, предложить меню, рекомендуемая альтернатива здорового питания. Умный дом мог бы даже заботиться о кормлении кошки и полива растений.

Многие новые дома строятся с дополнительной проводки и управления, которые необходимы для запуска современных систем домашней автоматизации. Чтобы построить умный дом, очевидно, значительно дороже, чем добавление необходимых технологий в новый дом из-за осложнений маршрутизации проводов и размещение датчиков в соответствующих местах.

Ассортимент различных интеллектуальных домашних технологий, доступных нам, быстро расширяется вместе с развитием компьютерного управления и датчиков. Это неизбежно привело к проблемам совместимости и поэтому существует стремление к стандартизации технологий домашней автоматизации и протоколов. В Европе, по установке шины или «Instabus» становится признанным смарт-протоколом для домашней технологии цифровой связи между смарт-устройствами. Он состоит из двухпроводной линии шины, который устанавливается вместе с обычной электропроводкой. «Instabus» линий связывает технику к децентрализованной системе связи и функции, такие как телефонная линия, по которой устройствами можно управлять. «European Installation Bus Association» является частью «Konnex», ассоциации, которая направлена на стандартизацию дома и создание сетей в

Европе.

Вне зависимости от технологии, умные дома представляют некоторые очень интересные возможности, чтобы изменить способ, которым мы живем и работаем, и в то же время сократить потребление энергии. Представьте, что вы в состоянии проверить сообщения, открытые окна, управления освещением и шторами и контролировать, сколько денег ваш дом сделал для вас от возобновляемых источников энергии системы, через ваш смартфон, из любой точки мира.

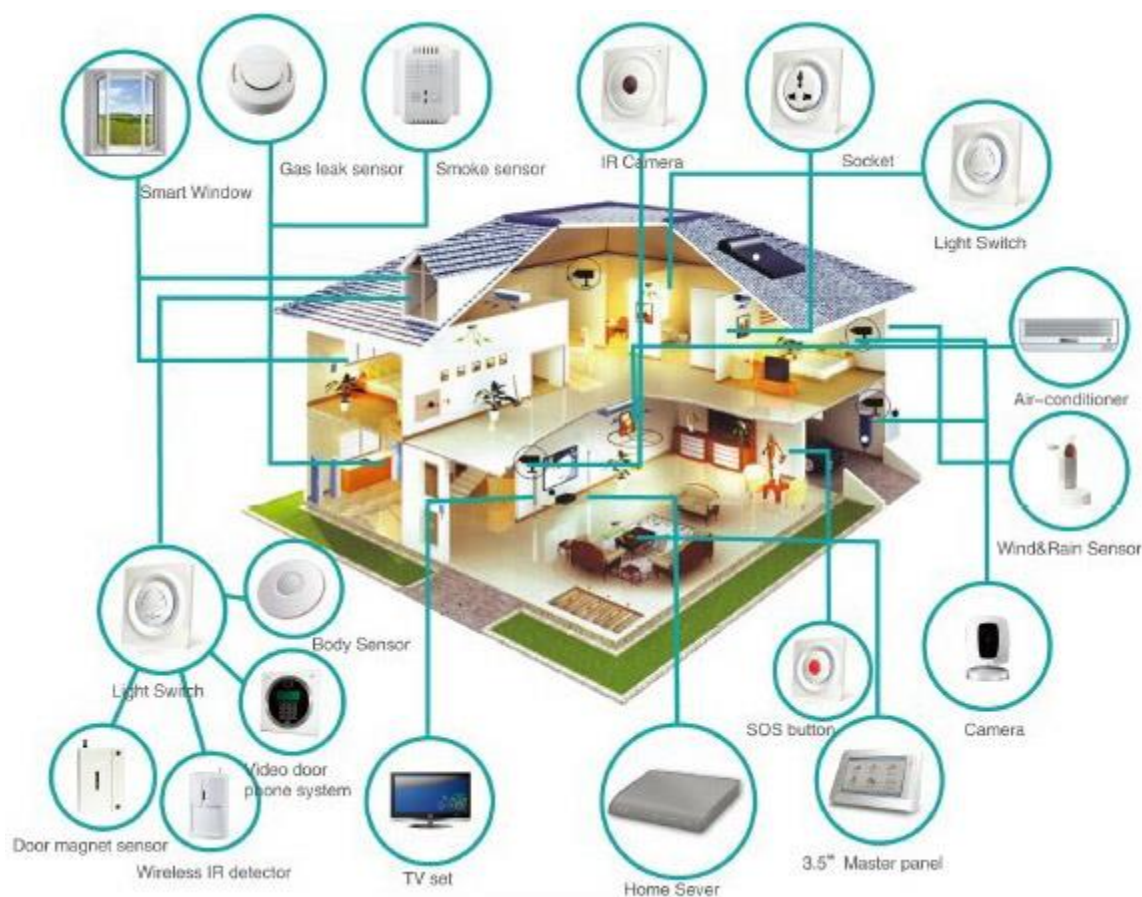


Рисунок 1.1 – Структурная схема «Умного дома»

Смартфоны мы носим рядом, в наших карманах, они являются мощными инструментами, которые делают жизнь проще, и каждое продвижение в технологии повышает их впечатляющими возможности. Следующим большим шагом вперед для этого типа "умной" технологии в наши дома. Использование интегрированных технологических систем в вашем доме является одним из наиболее важных, новых тенденций в области цифровых инноваций. Сейчас самое лучшее время, чтобы начать пожинать плоды этих возможностей. Переход к более умным домам может улучшить свой контроль над каждым аспектом того, как ваш дом работает, а также повысить безопасность и доступность его. Кроме того, вы можете воспользоваться преимуществами более эффективного дома, что приведет к

экономии вашей энергии и затрат на содержание!

1.2 Сенсорный контроль

Установив приборы в вашем доме, такие как смарт-печи или самообучающийся термостат «Nest», вы можете использовать приложения на мобильном устройстве, чтобы наслаждаться полным контролем над функциями вашего дома из любой точки мира. Вы оставили свой дом и забыли выключить духовку, кондиционер все еще работает, пока вы в отпуске? Нет необходимости для переживания. Вы можете быстро и легко отключить питание этих приборов в секунду от соответствующих сопроводительных приложений.

Там нет никаких ограничений для приложений, которые приходят в рынок каждый день. Разработчики создали приложения и устройства для управления домашней стереосистемой, использование воды, освещение, уход за газонами, гаражных ворот, блюдо пищи вашей собаки, и даже продуктовых магазинов - все легко и легко управляемые телефоном у который уже есть в вашем кармане.

1.3 Безопасность

Умные дома не только позволяют предотвратить случайные пожары в доме оставленные без присмотра печи. Эти дома также позволяют нам держать своих близких в безопасности. Системы безопасности могут быть установлены, что позволит владельцам следить за приездом и отъездом гостей и предупредить вас, когда обнаружена подозрительная активность. Двери могут быть заблокированы, охранные системы вызвать охрану, а камеры отслеживаемые с телефона, создавая более спокойную и безопасную среду для Вас и Вашей семьи.

Для тех из вас, с детьми, или тех, кто ухаживает за престарелыми родителями, эти инструменты сделают вашу жизнь проще в геометрической прогрессии и дадут вам душевное спокойствие. Уведомления могут быть отправлены на ваш телефон, когда члены вашей семьи покинуть свой дом, и вы даже можете отслеживать, где они идут после того, как они выйдут.

1.4 Доступность

Если у вас есть члены семьи, которые пожилые или инвалиды, вы знаете, как трудно им даже с самой основной повседневной задачей. Умный дом технология может значительно повысить их качество жизни, и использование голосовых команд может сделать обучения намного проще для того-кто не знаком с компьютерами.

Настройка автоматизированных систем для деятельности, как уход за газонами снимает ненужное напряжение из жизни этих людей. Поскольку технология движется вперед, все более и более сложные задачи станут доступными, повышение гибкости и независимости в жилье для людей, которые не могут быть в полной мере способны заботиться о своих домах самостоятельно.

1.5 Энергоэффективность

Хотя многие преимущества умного дома включают в себя простоту и доступность, есть еще больше льгот, чтобы наслаждаться ими. Умный дом технология позволяет работать приборами с наименьшим количеством энергии. Например, у индукционной повар-топ печи теперь есть интеллект, чтобы нагреть исключительно, когда металлический поддон помещается поверх него. Нет больше горелок, они не работают если на низ ничего не стоит, вершины плиты могут даже управлять системой для кипения при использовании наименьшего количества энергии.

Экономия денег на счет воды также никогда не было проще чем сейчас. Некоторые технологии крана могут максимизировать использование воды для душа, формируя отдельные капельки воды, чтобы создать более полное и приятное принятие душа, при этом используя меньше воды, чем в повседневном состоянии.

1.6 Экономические преимущества

Если «Экологические дома» не было достаточно, чтобы пробудить ваш интерес к технологии смарт-дома, экономия финансовых средств привлечет ваше внимание. В исследовании, проведенном агентством по охране окружающей среды США, было сообщено, что пользователи технологии смарт-дома для управления термостатом в одиночку составляет от 10% -30% от их счета за электричество. В течение года или 5 лет, ваши затраты быстро окупятся. Экономия денег с помощью смарт технологий является простым и легким. Таймеры и мониторы убедятся, что вы используете только деньги и энергию, которую вы хотите, и невероятно интеллектуальные детекторы обеспечат это. Все возможности являются активными только когда пользователи присутствуют.

Для дальнейшего сбережения, добавление солнечной энергии или энергии других аналогичных устройств может сократить расходы, и поможет вам стать более самодостаточными. Мало того, что эти улучшения сэкономят на оплату счетов, стоимость перепродажи вашего дома увеличивается с каждым добавлением этих технологий. Это может быть кусок изменения, но эти дополнения скоро окупят себя.

1.7 Будущее системы «Умный дом»

Хотя некоторые технологии только в начале развития, будущее уже здесь. Некоторые элементы умного дома может потребовать незначительных инвестиций с долгосрочными выгодами. Другие простые, доступные, и могут повлиять на ваш дом прямо сейчас. Внесение небольших изменений в функциональности вашего дома может помочь вам охватить более крупные, чтобы прийти, и наслаждаться потенциальной экономией, которые складываются в нечто большее.

1.8 Возможности беспроводного соединения

Видение беспроводной связи, поддерживающих обмен информацией между людьми или устройствами является в коммуникации границей следующих нескольких десятилетий, и большая часть этого уже существует в той или иной форме. Это видение позволит мультимедийной связи из любой точки мира с помощью небольшого портативного устройства или ноутбука. Беспроводные сети соединят «Palmtop», ноутбуков и настольных компьютеров в любом месте в пределах офисного здания или комплекса зданий, а также из-за угла кафе. В домашних условиях эти сети дают новый класс интеллектуальных электронных устройств, которые могут взаимодействовать друг с другом и с интернетом в дополнение к обеспечению связи между системами компьютеров, телефонов, безопасности и мониторинга. Такие умные дома могут также помочь пожилых людей и инвалидов в помощи за уходом, мониторинга состояния пациента, а также реагирования на чрезвычайные ситуации. Беспроводное развлечение будет пронизывать дом и любое место, где люди собираются. Видео телеконференций будут проходить между зданиями, которые являются блоками или континентом друг от друга, и эти конференции могут включать в себя путешественников, а также, от продавца, который пропустил свой самолет связь с генеральным директором выключения парусного спорта в Карибском бассейне. Беспроводное видео позволит удаленно видеть дистанционные учебные заведения, а также удаленные больницы в любой точке мира. Беспроводные датчики имеют огромный диапазон коммерческих и военных возможностей. Коммерческие приложения включают в себя мониторинг пожарной опасности, места захоронения опасных отходов, стресс и напряжение в зданиях и мостах, движение углекислого газа и распространения химических веществ и газов на участке бедствия. Эти беспроводные датчики самостоятельно настроить в сеть для обработки и интерпретации измерений датчиков, а затем передать эту информацию в централизованном месте управления. Военные применения включают в себя идентификацию и отслеживание объектов противника, обнаружение химических и биологических атак, поддержка беспилотных роботов транспортных средств, а также борьбы с терроризмом. Наконец, беспроводные сети позволяют распределить системы управления, с удаленными устройствами, датчиков и исполнительных устройств, связанных друг с другом посредством каналов беспроводной связи. Такие сети позволяют автоматизировать магистрали, мобильных роботов, и легко перестраивать промышленные автоматизации.

Различные приложения, описанные выше, являются компонентами беспроводного видения. Так что, собственно, это беспроводная связь. Есть много различных способов для сегмента этого комплекса тему в различных приложениях, систем или областей покрытия можно рассмотреть далее. Беспроводные приложения включают голос, доступ в интернет, просмотр веб-

страниц, пейджинговая и коротких сообщений, информационных услуг абонентов, передача файлов, видео телеконференции, развлечения, зондирование и распределенного управления. Системы включают в себя сотовые телефонные системы, беспроводной локальной сети, широкого охвата систем беспроводной передачи данных, спутниковые системы, а также специальные беспроводные сети. Покрытие зоны включают в зданиях, университетских городках, на региональном и глобальном уровне. Вопрос о том, как лучше всего охарактеризовать беспроводную связь с этими различными сегментами привело к значительной фрагментации в отрасли, о чем свидетельствует множество различных беспроводных продуктов, стандартов и услуг, предлагаемых миром. Одной из причин этого является то, что фрагментация различных беспроводных приложений имеют разные требования. Голосовые системы имеют требования относительно низкой скорости передачи данных (около 20 Кбит) и может выдержать довольно высокую вероятность битовой ошибки (скорости передачи в битах ошибки или Берс, около 10^{-3}).

Общая задержка должна быть меньше, чем около 30 мс или они становятся заметным для конечного пользователя. С другой стороны, системы передачи данных, как правило, требуют гораздо более высокие скорости передачи данных (1-100 Mbps) и очень маленькие ошибки (КОБ 10^{-8} и все биты, полученные по ошибке должны быть переданы повторно), но не имеют требование фиксированной задержки. Видео в реальном времени, системы имеют требования к высокой скорости передачи данных в сочетании с теми же ограничениями задержки как голосовые системы, в то время короткие сообщение имеют требования очень низкой скорости передачи данных и никаких ограничений задержки. Эти разнообразные требования к различным приложениям создают трудности в построении одной беспроводной системы, которая может эффективно удовлетворить все эти требования одновременно. Проводные сети обычно интегрированы различные требования, используя один протокол. Такая интеграция требуется, чтобы самые строгие требования для всех приложений были выполнены одновременно. Хотя это может быть возможно на некоторых проводных сетях, со скоростью передачи данных не очень больших и порядка 10-12 дБм, это не представляется возможным в беспроводных сетях, которые имеют гораздо более низкие скорости передачи данных и более высокие помехи. По этим причинам, по крайней мере, в ближайшем будущем, беспроводные системы будут по-прежнему фрагментированы, с различными протоколами с учетом поддержки требований различных приложений.

Экспоненциальный рост сотового телефона и использования беспроводного доступа в Интернет привели большой оптимизм по поводу беспроводных технологий в целом. Очевидно, что не все беспроводные приложения будут процветать. Хотя многие беспроводные системы и компании пользуются впечатляющим успехом, там также было много неудач на этом пути, в том числе беспроводных локальных сетей первого поколения,

спутниковой системы «Iridium», широкие услуги передачи данных области, таких как «Metricom» и фиксированного беспроводного доступа (беспроводной «кабель») к дому. В самом деле, невозможно предсказать, какие беспроводные провалы и триумфы лежат на горизонте. Кроме того, должна быть достаточно гибкий и творческий потенциал среди инженеров и регулирующих органов для обеспечения успехов. Понятно, однако, что нынешние и новые беспроводные системы сегодня в сочетании с видением беспроводных приложений может позволить обеспечить светлое будущее для технологии беспроводной связи.

Как радио уменьшило их стоимость и потребление энергии, так же они смогут встроить их в более различные типы электронных устройств, которые могут быть использованы для создания смарт-дома, сенсорных сетей и других привлекательных приложений. Две радиостанции появились, чтобы поддержать эту тенденцию: Bluetooth и Zigbee.

Bluetooth радиостанции обеспечивают короткие соединения диапазона между беспроводными устройствами наряду с зачаточной сетью - ING возможности. Стандарт Bluetooth основан на маленьком микрочипе, включающем в себя встроенный радиопередатчик, который расположен в цифровых устройствах. Приемопередатчик занимает место соединительного кабеля для устройств, таких как сотовые телефоны, портативные и карманные компьютеры, портативные принтеры и проекторы, а также точек доступа к сети. Bluetooth в основном для связи малого радиуса действия, например от ноутбука к ближайшему принтеру или с мобильного телефона на беспроводную гарнитуру. Его нормальный диапазон эксплуатации составляет 10 м (при 1 мВт мощности передачи), и этот диапазон может быть увеличен до 100 м за счет увеличения мощности передачи до 100 мВт. Система работает в безлицензионной полосе частот 2,4 ГГц, следовательно, он может быть использован. «The Bluetooth» назван в честь Харальда I Bluetooth, король Дании между 940 и 985 г. н.э., который объединил Данию и Норвегию. Bluetooth предлагает объединить устройства через радио соединения, следовательно, источником вдохновения для его имени по всему миру без каких-либо проблем с лицензированием. Стандарт Bluetooth обеспечивает 1 асинхронный канал передачи данных на 723,2 кбит. Этот режим, также известен как «Asynchronous Connection-Less» или ACL, существует обратный канал со скоростью передачи данных 57,6 Кбит. Спецификация также позволяет использовать до трех синхронных каналов каждый со скоростью 64 Кбит. Этот режим, также известный как «Oriented» синхронное соединение или SCO, в основном используется для речевых приложений, таких как мини-гарнитура, но также могут быть использованы для передачи данных. Эти различные режимы приводят к совокупной скорости передачи данных приблизительно 1 Мбит. Маршрутизация асинхронных данных осуществляется посредством протокола с коммутацией пакетов на основе скачкообразной перестройки частоты в 1600 бит в секунду. Существует также протокол коммутации каналов для синхронных данных.

Bluetooth использует скачкообразной перестройки частоты для множественного доступа с расстоянием между несущей 1 МГц. Как правило, используются до 80 различных частот, для полной полосы пропускания 80 МГц. В любой данный момент времени, доступная пропускная способность равная 1 МГц, но не более восьми устройств, разделяющих пропускную способность. Различные логические каналы (различные скачкообразной перестройки последовательности) могут одновременно использованы, одни и те же полосы пропускания 80 МГц. Коллизии будут происходить, когда устройства в различных пикосетях, в различных логических каналах, чтобы использовать ту же самую частоту битовой одновременно надо перезапустить процесс. По мере увеличения числа пикосетями. В одной из площади увеличивается, количество столкновений, увеличивается и снижается производительность.

Стандарт «Bluetooth» был разработан совместно 3 Com, Ericsson, Intel, IBM, Lucent, Microsoft, Motorola, Nokia и Toshiba. Стандарт теперь был принят более чем 1300 производителей, и многие потребительские электронные устройства продукты включают Bluetooth, включая беспроводные гарнитуры для сотовых телефонов, беспроводной USB или RS232 соединителями, беспроводные PCMCIA карты и беспроводные коробки SetTop.

Спецификация «ZigBee» радио предназначена для снижения затрат и энергопотребления, чем Bluetooth. Спецификация основана на стандарте IEEE 802.15.4. Радиоприемник работает в той же полосе, что ISM Bluetooth, и возможность подключения 255 устройств в одной сети. Спецификация поддерживает скорость передачи данных до 250 Кбит в диапазоне до 30 м. Эти скорости передачи данных медленнее, чем Bluetooth, но в обмен на радио потребляет значительно меньше энергии, с большим диапазоном передачи. Целью ZigBee является обеспечение работы радио в течение нескольких месяцев или лет без подзарядки, тем самым ориентации приложений, таких как сенсорные сети и инвентаризации тегов.

1.9 Беспроводное соединение на основе ZigBee и Z-Wave

Все приборы и устройства приемников, а также средства управления системой, такие в качестве пульта дистанционного управления или клавиатуры, передатчики могут быть осуществлены через Zigbee. Если вы хотите, выключить лампу в другой комнате, передатчик будет выдавать сообщение в цифровом коде, который включает в себя следующее:

- предупреждение к системе, что о выдачи команды,
- отличительный номер устройства для устройства, которое должно получить команду и код, который содержит фактическую команду, например, "выключить".

Все это должно произойти менее чем за секунду, но X10 имеет некоторые ограничения. Обмен данными через электрические линии не всегда надежен, так как линии получают "шумы" от питания других устройств. Устройство X10 может интерпретировать электронные помехи как команда и

реагируют, или он не может получить команду на всех. В то время как устройства X10 все еще здесь, другие технологии появились, чтобы конкурировать за вашу домашнюю сеть. «dollar.Instead» из проходящий через линии электропередач, некоторые системы используют радиоволны для связи, которая также называют WiFi и мобильный телефон. Тем не менее, сети домашней автоматизации не нужны сети Wi-Fi, потому что команды автоматизации являются короткими сообщениями. Два наиболее большими радиосетями в домашней автоматизации являются ZigBee и Z-Wave. Обе из этих технологии являются ячеистыми сетями, а это означает есть больше, чем один из способов для сообщения, чтобы добраться до его назначения.

Z -Wave использует «Source Routing» алгоритм для определения наиболее быстрый маршрут сообщения. Каждое устройство Z-Wave встроено с кодом, и когда устройство подключено к системе, сетевой контроллер распознает код, определяет его местоположение и добавляет его в сеть. Когда команда поступает через контроллер использует алгоритм для определения как должно быть отправлено сообщение. Поскольку эта маршрутизация может занять много памяти на сеть, Z -Wave разработала иерархию между устройствами: некоторые контроллеры инициировать сообщения, а некоторые из них «рабы», что означает, что они могут нести только и отвечать на сообщения.

Имя ZigBee иллюстрирует эту сетевую концепцию сетки, потому что сообщения от передатчик зигзаг, как пчелы, ищет лучший путь к приемнику. В то время как Z-Wave использует запатентованные технологии для работы своей системы, платформы ZigBee основан на стандарте устанавливается институтом инженеров электротехники и электроники (IEEE) для беспроводной персональной сети. Это означает, что любая компания может построить с ZigBee совместимый продукт без оплаты, лицензионные сборы за технологии за ним, что в конечном итоге может дать ZigBee преимущество на рынке. Как и Z-Wave, ZigBee имеет полностью функциональные устройства (или те, которые маршрутизировать сообщение) и сниженная функция устройства.

Использование беспроводной сети обеспечивает большую гибкость для размещения устройств, но как электрические линии, они могут иметь помехи. «Insteon» предлагает способ для вашей домашней сети, обмениваться данными по обоим электрическим проводам и радиоволны, что делает его двойной сетью. Если сообщение не поступают на одной платформе, она будет пытаться направить по другой. «Insteon» устройство, будет транслировать сообщение, и все устройства получать сообщение и транслировать его, пока команда не будет выполнена. Устройства действуют одновременно, в отличие от того что один служит в качестве передатчика, а другой в качестве приемника. Это означает, что чем больше «Insteon» устройства, установленные в сети, тем сильнее сообщение будет.

1.10 Значение мобильных устройств

Мобильное подключение приносит ряд деловых и технических возможностей, которые будут основными для успешного поглощения умных домашних услуг мобильная индустрия обеспечивает каждый из следующих действий:

- захват широко зонной в точки затрат, которые являются гораздо более привлекательными, чем те, которые предлагаются со спутника,
- альтернативы фиксированной частных беспроводных сетей.
- надежная коммуникационная платформа - недавний pilot8 в Ирландии со смесью доступа технологии, включая GPRS, RF сетки и PLC установлено, что GPRS поставяет самую надежную производительность для показаний счетчиков, по сравнению с альтернативными подходами, с большим отрывом.
- надежные бренды, хорошо известных потребителям - телефоны, смартфоны "постоянными спутниками" для большинства потребителей. Коммерчески жизнеспособные и надежные партнеры для компаний в смежных отраслях – мобильный промышленность включает в себя многочисленные крупные и финансовые преимущества. Оборудование поставщиков которые сравнимы по размеру коммунальных, медицинских и развлекательных поставщиков из смежных отраслей. Индустрия мобильной связи также показал себя искусным в управлении, изменении технологии. Возможность того что многие смежные отрасли также необходимо освоить. Дополнительные технологии для расширения функциональных возможностей смарт-бытовых услуг. Возможности операторов включают биллинг, аутентификация и контроль безопасности, обеспечивая контекст, situationaware и информацию о местоположении, а также распространение смартфонов и планшетов в качестве дополнения устройства для пользовательского интерфейса и функциональности дистанционного управления. Точная роль, которую будут играть операторы мобильной связи в будущем умного дома еще развиваться, и будет варьироваться в зависимости от рынка, в зависимости от эволюции услуг умного дома и стратегия каждого отдельного оператора.

Роль мобильных операторов в этой цепочке создания стоимости могут отличаться в зависимости от того, какой провайдер будет доступом к услугам подключения. На практическом уровне, операторы мобильной связи, возможно, потребуется принять конкретные коммерческие структуры участвовать в рынке смарт-услуг на дому. Регуляторные условия, такие как ограничения на использование потребительских данных, может обеспечивать строгое разделение бизнеса между элементами доставки платформы подключения, управления данными и обслуживания от поставщика услуг связи, например. Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии в настоящее время разрабатывает такого рода нормативно-правовой базы для рынка коммунальных услуг, когда несколько подключения провайдеров, поддерживаемые одной управления данными компании,

предполагается. В тех случаях, когда оператор мобильной связи и утилита поставщика являются партнерами, чтобы доставить умные услуги на дому, например, вопрос о том, какая компания управляет клиент отношения является повторяющейся темой. Некоторые коммунальные предприятия, которые являются стратегически специализируемыми на производстве и распределении энергии, место низкая возможность по управлению отношения с клиентами, в то время как другие хотят быть единственным объектом с потребителем. Новые интеллектуальные услуги на дому не обязательно будут соответствовать только в связи или утилиты категорий в сознании потребителей. Необходимость объединения мобильных и коммунальных услуг, также может способствовать совместного предприятия бизнес-модели для целевого рынка. Там прецеденты для такого подхода в мобильном денежном секторе, где финансовый учреждения сотрудничают с операторами мобильной связи. Несколько операторов мобильной связи начали завербовывать руководителей из смежных отраслей, чтобы расширить свою роль в встраиваемом рынке мобильной связи.

Понятно, что операторов мобильной связи и других поставщиков в мобильном телефоне, экосистема может обеспечить значительную ценность для компаний, которые хотят, добавить подключение для своих устройств и услуг и нацеленные на формирующемся рынке смарт-домашних услуг. В то время как строительные блоки присутствуют везде, там же остается некоторая дальнейшая работа по задействию сотрудничества межсекторного формирования, для реализации новых бизнес-моделей и благоприятного роста стандартной совместимости.

2 Выбор оборудования

2.1 Оборудование фирмы Huawei Technologies.

Оборудование фирмы Huawei Technologies.

В Казахстане известны такие бренды, как: NortelNetworks, Ericsson, HuaweiTechnologies, LucentTechnologies и ZTECompany. Данные фирмы осуществляют производством устройств для систем передач на основе стандарта CDMA. По состоянию все фирмы предлагают товар высокой надежности, которые хорошо показали себя среди отечественных организаций, в той или иной степени нуждавшихся в их услугах. Но при исследовании тендерных покупок устройства, тех или иных отечественных фирм, для сети WLL компания ZTE предлагала наиболее выгодные цены и услуги. Так цены на устройства были дешевле на 30~50, % чем у иных производителей. Контроллер БС BSC системы HuaweiCDMA2000 1X устроен из следующих модулей:

- 1) Подсистема маршрутизатора высокоскоростногоподключения (HIRS);
- 2) подсистема селектора/вокодера (SVBS);
- 3) подсистема сервиса пакетных данных (PCFS);

- 4) подсистема обработки вызовов (CPS);
- 5) подсистема эксплуатации и обслуживания базовой станции (BSM). Его структурная схем приведена на рисунке 2.1

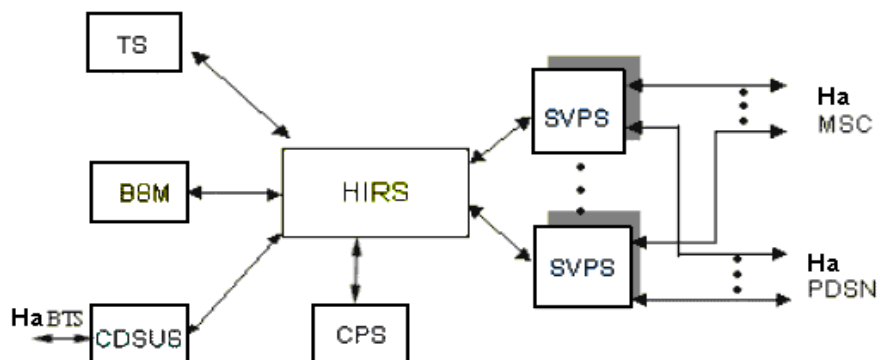


Рисунок 2.1 – Структурная схема контроллера базовой станции

Наиболее важная функция контроллера БС – управление беспроводной сетью, ресурсами обслуживания оборудования БС (BSS), обработка вызовов, проверка выполнения эстафетной передачи мобильной станции (MS) и кодирование голоса.

2) Базовая станция BTS системы мобильной связи Huawei CDMA2000 1X состоит из следующих модулей:

- 1) подсистема цифровой передачи (BDS);
- 2) частотно – временная подсистема (TFS).
- 3) радиочастотная подсистема (RFS).

BTS выполняет беспроводную передачу и соответствующие контрольные функции под управлением BSC;

3) Центр мобильной коммутации MSC/VLR системы связи ZTE CDMA2000 1X состоит из модулей:

- 1) коммутации сообщений (MSM);
- 2) сети (SNM);
- 3) эксплуатации и обслуживания (OMM);
- 4) обработки MSC/VLR (MPM).

Центр служит для того, чтобы соединять голосовой трафик и осуществлять функции сигнализации, контроля Мобильной Станции (MS) в зоне его действия и обслуживать в качестве функционального объекта для коммутации голосовых каналов и в качестве интерфейса между мобильной системой и сетью фиксированной связи. Он также служит для функции сетевого интерфейса, сигнальной системы обычных каналов и биллинга;

Узел HLR/AUC мобильной связи ZTE CDMA2000 1X состоит из:

- 1) сигнального модуля предварительной обработки данных (CPM);
- 2) модулей обработки (SPM);
- 3) модуля Баз Данных (DBM);
- 4) модуля эксплуатации и обслуживания (OMM);
- 5) сервер и секторная антенна.

В качестве сервера служит персональный компьютер любого производителя с установленной операционной системой Windows и программным обеспечением для управления основными параметрами и характеристиками сети ZXC (v: x).

Для установления зоны действия радиосигналом. Одна из антенн захватывает зону в 120^0 градусов по периметру, для кругового захвата требуется три такие антенны.

Антенна может находится на мачте либо на каком либо здании. В дипломном проекте, для организации беспроводной связи по данной технологии антенна может устанавливаться в любом месте. Для достижения поставленной цели необходимы технические характеристики оборудования, расчеты зоны покрытия, радиус соты.

Выше пересказанное оборудование требуется для организации одной зоны охвата. Для соединения данных зон между собой в одну единую сеть требуется либо кабельные системы связи, либо радиорелейные системы связи.

2.2 Радиоблок BRS

BRS представляет собой систему радиосвязи, характеризующуюся оптимальным конструктивным исполнением и обеспечивающую отличную зону покрытия беспроводной связью, удобство при развертывании, быстроту установки и низкие затраты на техническое обслуживание.

Система состоит из следующих блоков:

- радиоблок БС (BRB);
- антенн БС (BRA).

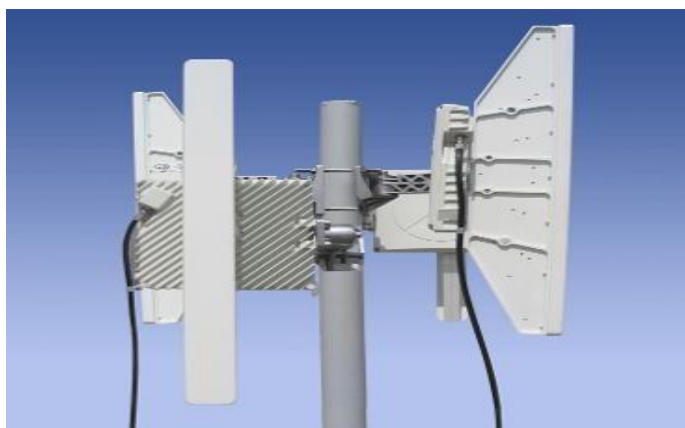


Рисунок 2.2 - BRS для 3 секторов, установленная на мачту

Количество устанавливаемых блоков BRB / BRA зависит от количества секторов, подлежащих покрытию одной БС. Для БС, предназначенной для осуществление обслуживания n секторов в одной соте, количество элементов наружного блока BRS составляет n блоков BRB, n блоков BRA и n трасс

коаксиальных кабелей.

- антенна с охватом сектора в 90^0 (или иной конфигурацией по заказу) с вертикальной и горизонтальной поляризацией.

- компактный, легкий радиоблок с секторной антенной и большим коэффициентом усиления для 26/28 ГГц.

- для передачи данных, электропитания и сигналов управления от внутреннего модуля используется один коаксиальный кабель. Полное управление BRS от LCT и wBBMS.

- возможность установки на мачте или на стене.

- оптимальная конфигурация монтажного кронштейна обеспечивает простоту установки, юстировки и удержания ориентации и замены.

Алюминевый корпус, выполненная литьем под давлением, характеризуется максимальной прочностью и минимальными расходами на техническое обслуживание.

Антенны, обслуживающие мобильную станцию, модель 742215 компании “KathreinScalaDevision” работающие в частотном диапазоне от 1710 до 2200 МГц и предназначены для работы с 3G сетями. Усиление антенн 18дБи. Диаграмма направленности 65 градусов. Диаграммы направленности предоставлены на рисунке 2.

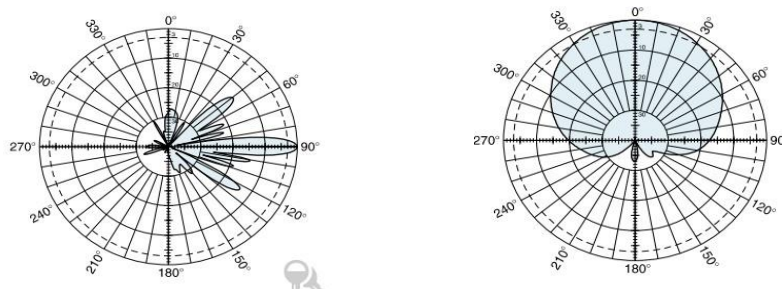


Рисунок 2.3 – Горизонтальная и вертикальная диаграммы направленности

Модель радиорелейных антенн, используемых в работе, имеет пропускную способность 34 Мбит/с и превосходит максимально возможную пропускную способность выбранной технологии WCDMA 14.4 Мбит/с. При заданных характеристиках данной БС их минимальное число в подсистеме радиодоступа будет обеспечиваться при условии преимущественного расположения БС в центрах областей высокой нагрузки (в «пиках» нагрузки). Действительно, для обслуживания всей нагрузки в сети в ЧНН требуется определенная суммарная мощность, обеспечиваемая всеми БС сети. Если базовые станции будут располагаться преимущественно в «пиках» нагрузки, то тогда мощность каждой из антенн будет в максимальной степени использоваться для ее полного обслуживания, так

как в этом случае расстояния между данными абонентскими станциями (АС) и обслуживающими их базовыми станциями будут в среднем меньше, чем в случае любого другого расположения БС. Очевидно, что при этом, общее число БС, обеспечивающих требуемую суммарную мощность для обслуживания всей нагрузки в сети, будет минимально.

Таблица 2.1 – Скорость передачи данных при движении от секторной антенны

	Мат- ожидание кбит/с	Среднее квадратическое отклонение кбит/с	коэффициент вариабельнос ти
1 до 20км/ч	955	390	0,408
21 до 40 км/ч	1300	472	0,363
41 до 60 км/ч	1157	452	0,391
61 до 80 км/ч	1148	618	0,539
81 до 100 км/ч	1337	499	0,373

Таблица 2.2 – Скорость передачи данных при движении от секторной антенны

	Мат- ожидание кбит/с	Среднее квадратическое отклонение кбит/с	коэффициент вариабельнос ти
1 до 20 км/ч	1029	474	0,461
21 до 40 км/ч	1131	437	0,386
41 до 60 км/ч	1077	550	0,510
61 до 80 км/ч	935	546	0,584
81 до 100 км/ч	1356	587	0,433

Все данные полученные экспериментальным путем обработаны с помощью программного обеспечения и выведены в табличный вариант. Проведена выборка данных на отдельные группы по скорости перемещения мобильной станции, по направлению к антенне и от нее. Были выбраны участки, где передача данных была зафиксирована. Игнорировались моменты установления и завершения соединения. Для каждой группы были рассчитаны: математическое ожидание, среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариабельности и их результаты сведены в таблицу 2.1 и таблицу 2.2

Из таблиц 2.2 видно, что коэффициент вариабельности при скорости движения 21-40 км/ч и 81-100 км/ч наименьший и стабильность передачи данных выше.

По полученным данным построены гистограммы рисунки 2.4,2.5.

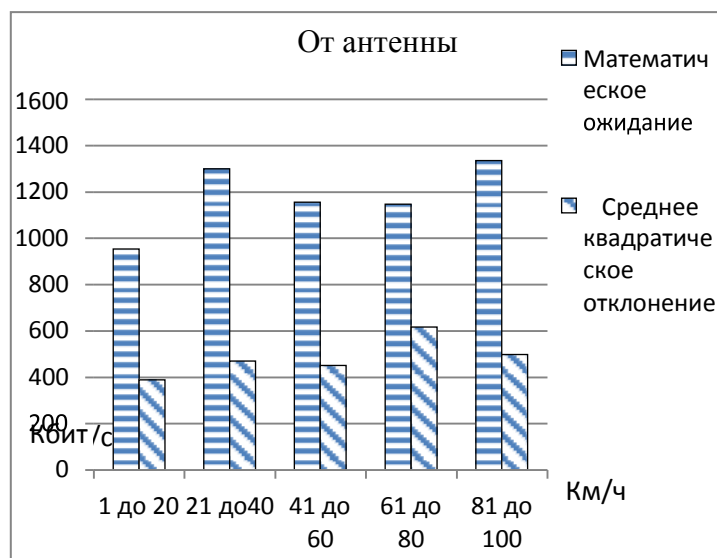


Рисунок 2.4 – Гистограмма зависимости скорости перемещении абонента на передачу данных при движении от антенны

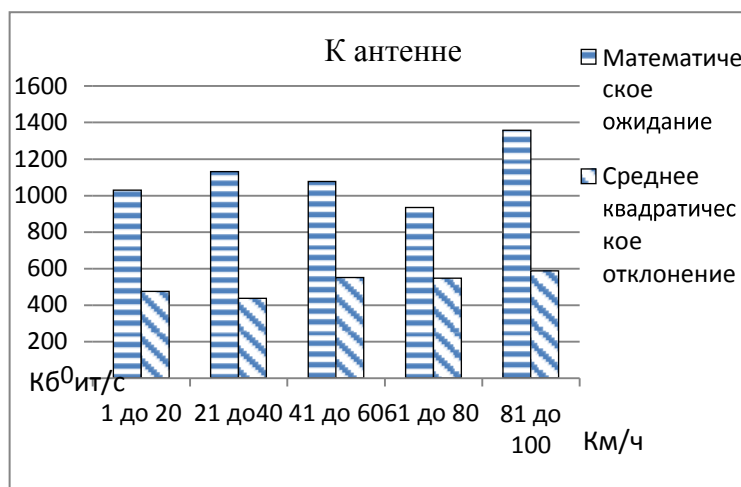


Рисунок 2.5 – Гистограмма зависимости скорости перемещении абонента на передачу данных при движении к антенне

Полученные результаты на рисунке 2.5,2.4 показывают, что при движении мобильной станции (абонента) по направлению от антенны, скорость передачи данных более стабильна, а среднее квадратическое отклонение значительно меньше, чем при движении к антенне.

На рисунке 2.6 показано сравнение скорости передачи данных от направления движения абонентской станции.

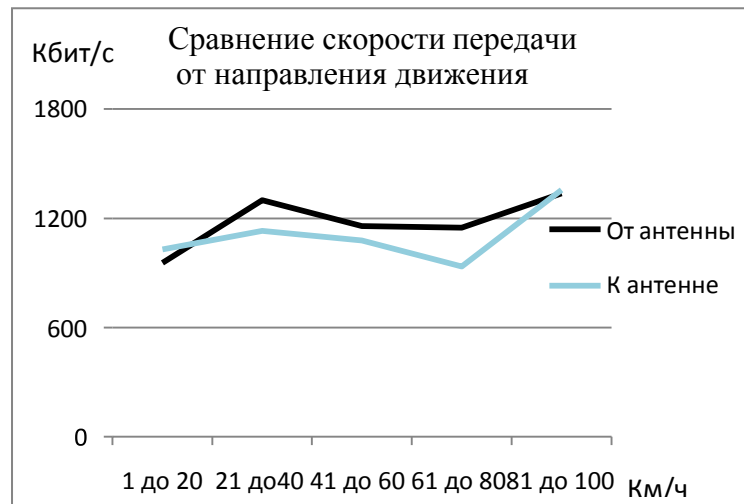


Рисунок 2.6 – Сравнение скорости передачи от направления движения

Из рисунка 2.6 видно, что при скорости движения 21-81 км/ч от антенны передача данных ведется интенсивнее на 100-200 кбит/с. Сравнение скорости передачи от направления движения от антенны к антенне.

3 Расчетная часть

3.1 Расчет прямого канала

Для осуществление наиболее эффективного отношения сигнал/шум для пилотного - канала, канала синхронизации, канала поискового вызова, требуется вычислить мощность принятого сигнала и принятой интерференции по каждому каналу. Ниже показанные расчеты позволят осуществить анализ каналов прямого соединения.

Эффективная мощность для излучения трафик – канала

$$P_t = \frac{P_t}{N_t * C_f} \quad (3.1)$$

или

$$p_t = P_t - 10\log^* N_t - 10\log^* C_f, \text{дБм} \quad (3.2)$$

где p_t – эффективная мощность излучаемая (ЭМИ) трафик канала (дБм);

P_t – ЭМИ всех трафик каналов от передающей антенны БС(дБм);

N_t – число трафик каналов поддерживаемое одной сотой;

C_f – активность речи (коэффициент).

$$p_t = 57 - 10\log 20 - 10\log 0.35 = 57 - 13.01 + 4.56 = 48.55, \text{ дБм}$$

Таблица 3.1 - Данные для расчета зон покрытия

Параметры	Обозначения, размерность	Значение для зон
Потери в кабели БС	$L_{\text{к}} [\text{дБ}]$	0
Потери в фидере ЦС	$L_{\text{ф}} [\text{дБ}]$	2,5
Потери при ориентации антенны БС	$L_{\text{р}} [\text{дБ}]$	3
Коэффициент усиления антенны БС	$G_{\text{Б}} [\text{дБ}]$	14
Допуск на проникновения	$L_{\text{п}} [\text{дБ}]$	2
Коэффициент усиления антенны ЦС	$G_{\text{Ц}} [\text{дБ}]$	8
Центральная частота ЦС	$f_{\text{ц}} [\text{МГц}]$	2435
Высота подвеса антенны ЦС	$h_{\text{Ц}} [\text{м}]$	40
Высота подвеса антенны БС	$h_{\text{Б}} [\text{м}]$	1,6
Требуемое отношение сигнал/шум	$E_{\text{с}}/N_{\text{с}} [\text{дБ}]$	7
Чувствительность приемника	$E_{\text{п}} [\text{дБ}]$	-125
Мощность БС	$P_{\text{Б}} [\text{дБ}]$	1,7
Мощность ЦС	$P_{\text{Ц}} [\text{дБ}]$	40
Мощность канала синхронизации	$P_{\text{с}} [\text{дБ}]$	51,5
Мощность пилот канала	$P_{\text{р}} [\text{дБ}]$	46,94
Мощность поискового канала	$P_{\text{п}} [\text{дБ}]$	41,5
ЭМИ всех трафик каналов от передающей антенны БС	$P_{\text{т}} [\text{дБ}]$	57
Полная мощность всех каналов на выходе усилителя	$P_{\text{с}} [\text{дБ}]$	55

3.1.2 Мощность приходящиеся на одного абонента (мобильную станцию)

$$p_u = p_t - G_t - L_c, \text{дБм} \quad (3.3)$$

где p_u – мощность в трафик канале на одного абонента (дБм);
 G_t – усиления передающей антенны БС(коэффициент)(дВ);
 L_c – потери в фидере БС (дБ).

$$p_u = 48.55 - 14 + 2.5 = 37.05, \text{дБм} \quad (3.3)$$

3.1.3 Полная мощность БС

$$P_c = 10 \log[10^{0.1P_t} + 10^{0.1P_s} + 10^{0.1P_p} + 10^{0.1P_{pg}}] \quad (3.40)$$

где p_s - мощность канала синхронизации;

p_p - мощность пилот канала;

p_{pg} – мощность поискового канала

$$p_c = 10 \log[10^{0.1*5.7} + 10^{0.1*51.5} + 10^{0.1*46.94} + 10^{0.1*41.5}] = 58.49, \text{дБм}$$

3.1.4 Усилитель мощности базовой станции

$$P_a = P_c - G_t - L_c, \text{дБм} \quad (3.5)$$

где P_a -полная мощность всех трафик каналов, пилот канала, поискового канала, и канала синхронизации на выходе усилителя;

P_c – полная излучаемая мощность базовой станции
(дБм);

$$P_a = 58.49 - 14 + 2.5 = 46.99 \text{ дБм}$$

3.1.5 Полная мощность принятая МС

$$p_m = P_c + L_p + A_1 + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.6)$$

где p_m – полная мощность принятая МС (дБм);

L_p – средние потери на трассе между базовой станцией и мобильной (дБ);

A_1 – допуск на теневые потери (дБ);

G_m – усиления (на приеме) антенны МС (коэффициент)

L_m – потери в кабеле МС (дБ).

$$p_m = 58.49 - 146 - 6.2 + 0 - 3 = -96.71, \text{ дБм}$$

3.1.6 Принятая мощность трафик – канала

$$p_{tr} = p_t + L_p + A_1 + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.7)$$

где p_{tr} – принятая МС мощность трафик канала от БС.

$$p_{tr} = 48.55 - 146 - 6.2 + 0 - 3 = -106.65 \text{ дБм}$$

3.1.7 Принятая мощность пилот – канала

$$p_{pr} = p_p + L_p + A_1 + G_m + L_m, \text{ дБм} \quad (3.8)$$

где p_{pr} – принятая МС мощность пилот канала от БС.

$$p_{pr} = 51.5 - 146 - 6.2 + 0 - 3 = -103.7 \text{ дБм}$$

3.1.8 Принятая мощность поискового канала

$$p_{prg} = p_{pg} + L_p + A_1 + G_m + L_m, \text{дБм} \quad (3.9)$$

где p_{prg} - принятая МС мощность поискового канала от БС.

3.1.9 Принятая мощность канала синхронизации

$$p_{sr} = p_s + L_p + A_1 + G_m + L_m, \text{дБм} \dots\dots\dots(3.10)$$

где p_{sr} - принятая МС мощность канала синхронизации от БС.

$$p_{sr} = 41.5 - 146 - 6.2 + 0 - 3 = -113.7 \text{ дБм}$$

3.1.10 Интерференция от других пользователей в трафик – канале

$$I_{ut} = 10 \log[10^{0.1p_m} - 10^{0.1p_{tr}}] - 10 \log B_w, \text{дБм/Гц} \quad (3.11)$$

где I_{ut} – плотность интерференции создаваемой другими абонентами в трафик канале (дБм /Гц);

B_w - ширина канала (Гц).

$$I_{ut} = 10 \log[10^{-0.671} - 10^{-10.665}] - 10 \log(1.2288 * 10^6) = -158.07 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.11 Интерференция создаваемая другими БС в трафик – канале

$$I_{ct} = I_{ut} + 10 \log[\frac{1}{f_r} - 1], \text{дБм /Гц} \quad (3.12)$$

где I_{ct} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в трафик канале (дБм /Гц),

f_r – коэффициент переиспользования частоты ($f_r = 0.65$).

$$I_{ct} = -158.07 + 10 \log \left[\frac{1}{0.65} - 1 \right] = -160.76 \text{ дБм /Гц}$$

3.1.12 Плотность интерференции для трафик – канала

$$I_t = 10 \log [10^{0.1 I_{ut}} + 10^{0.1 I_{ct}}], \text{ дБм/Гц} \quad (3.13)$$

где I_t – плотность интерференции в канале трафика (дБм/Гц)

$$I_t = 10 \log [10^{0.1(-158.07)} + 10^{0.1(-160.76)}] = -156.21, \text{ дБм /Гц}$$

3.1.13 Интерференция от других абонентов (той же БС) в пилот – канале

$$I_{up} = p_m - 10 \log B_w, \text{ дБм /Гц} \quad (3.14)$$

где I_{up} - плотность интерференции от других абонентов в пилот канале (дБм /Гц).

$$I_{up} = -96.71 - 10 \log (1.2288 * 10^6) = -157.61 \text{ дБм /Гц}$$

3.1.14 Интерференция создаваемая другими БС в пилот – канале

$$I_{cp} = I_{up} + 10 \log \left[\frac{1}{f_r} - 1 \right], \text{ дБм/Гц} \quad (3.15)$$

где I_{cp} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в пилот канале (дБм/Гц).

$$I_{cp} = -157.61 + 10 \log \left[\frac{1}{0.65} - 1 \right] = -160.3 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.15 Плотность интерференции для пилот – канала

$$I_p = 10 \log[10^{0.1 * I_{up}} + 10^{0.1 * I_{cp}}] , \text{ дБм/Гц} \quad (3.16)$$

где I_p – плотность интерференции для пилот канала .

$$I_p = 10 \log[10^{0.1 * (-157.61)} + 10^{0.1 * (-160.3)}] = -155.73 , \text{ дБм/Гц}$$

3.1.16 Интерференция от других абонентов (той же базовой станции) в поисковом канале

$$I_{upg} = 10 \log[10^{0.1 p_m} - 10^{0.1 p_{pg}}] - 10 \log B_w , \text{ дБм/Гц} \quad (3.17)$$

где I_{upg} плотность интерференции от других абонентов в поисковом канале.

$$I_{ut} = 10 \log[10^{0.1 * (-96.71)} - 10^{0.1 * (-108.26)}] - 10 \log(1.2288 * 10^6) = -157.92 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.17 Интерференция создаваемая другими базовыми станциями в поисковом канале

$$I_{cpg} = I_{upg} + 10 \log[\frac{1}{f_r} - 1] , \text{ дБм/Гц} \quad (3.18)$$

где I_{cpg} – плотность интерференции создаваемой другими базовыми станциями в поисковом канале .

$$I_{cpg} = -157.92 + 10 \log[\frac{1}{0.65} - 1] = -160.61 , \text{ дБм/Гц}$$

3.1.18 Плотность интерференции для поискового канала

$$I_{pg} = 10 \log[10^{0.1 * I_{upg}} + 10^{0.1 * I_{cpg}}] , \text{ дБм/Гц} \quad (3.19)$$

где I_{pg} – плотность интерференции для поискового канала

$$I_{pg} = 10 \log [10^{0.1 * (-157.92)} + 10^{0.1 * (-160.61)}] = -156.05 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.19 Интерференция от других абонентов (той же базовой станции) в канале синхронизации

$$I_{us} = 10 \log [10^{0.1 p_m} - 10^{0.1 p_{sr}}] - 10 \log B_w, \text{ дБм/Гц} \quad (3.20)$$

где I_{us} – плотность интерференции от других абонентов в канале синхронизации (дБм/Гц)

$$I_{us} = 10 \log [10^{0.1 * (-96.71)} - 10^{0.1 * (-113.7)}] - 10 \log (1.2288 * 10^6) = -157.69, \text{ дБм/Гц}$$

3.1.20 Интерференция создаваемая иными БС в канале синхронизации

$$I_{cs} = I_{us} + 10 \log \left[\frac{1}{f_r} - 1 \right], \text{ дБм/Гц}, \quad (3.21)$$

где I_{cs} – плотность интерференции создаваемой иными БС в канале синхронизации.

$$I_{cs} = -157.69 + 10 \log \left[\frac{1}{f_r} - 1 \right] = -160.38 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.21 Плотность интерференции для канала синхронизации

$$I_s = 10 \log [10^{0.1 I_{us}} + 10^{0.1 I_{cs}}], \text{ дБм/Гц} \quad (3.22)$$

где I_s – плотность интерференции для канала синхронизации.

$$I_s = 10 \log [10^{0.1 * (-157.69)} + 10^{0.1 * (-160.38)}] = -155.582 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.22 Температурный шум

$$N_0 = 10\log(290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + N_f + 30, \text{ дБм/Гц} \quad (3.23)$$

где N_0 – плотность температурного шума ;

N_f – значение шума в приемнике мобильной станции (дБ).

$$N_0 = 10\log(290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + 8 + 30 = -165.98 \text{ дБм/Гц}$$

3.1.23 Отношение сигнал/шум + интерференция в трафик – канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{tr} - 10\log b_{tr} - 10\log[10^{0.1I_t} + 10^{0.1N_0}], \text{ дБ} \quad (3.24)$$

где p_{tr} – скорость передачи данных в трафик канале (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -106.65 - 10\log(9600) - 10\log[10^{0.1(-156.21)} + 10^{0.1(-165.98)}] = 9.31 \text{ дБ}$$

3.1.24 Отношение сигнал/шум + интерференция в пилот – канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{pr} - 10\log B_w - 10\log[10^{0.1I_p} + 10^{0.1N_0}], \text{ дБ} \quad (3.25)$$

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -103.7 - 60.69 - 10\log[10^{0.1(-155.73)} + 10^{0.1(-165.98)}] = -9.05 \text{ дБ}$$

3.1.25 Отношение сигнал/шум + интерференция в поисковом канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{pgs} - 10\log b_{pgs} - 10\log[10^{0.1I_{pgs}} + 10^{0.1N_0}], \text{ бит/с} \quad (3.26)$$

где p_{gr} – скорость передачи данных в поисковом канале.

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -108,26 - 10\log(9600) - 10\log[10^{0,1(-156,05)} + 10^{0,1(-165,98)}] = 7,54 \text{ дБ}$$

3.1.26 Отношение сигнал/шум + интерференция в канале синхронизации

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = p_{sr} - 10\log b_{rs} - 10\log[10^{0,1I_s} + 10^{0,1N_0}] , \text{дБ} \quad (3.27)$$

где p_{sr} – скорость передачи данных в канале синхронизации (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -113,7 - 10\log(9600) - 10\log[10^{0,1(-155,82)} + 10^{0,1(-165,98)}] = 2 \text{ дБ}$$

Программа расчета прямого канала на MathCAD 15 в Приложении А.

3.2 Расчет обратного канал

Усилитель мощности МС

$$P_{ma} = P_{me} - G_m - L_m \quad (3.28)$$

где P_{ma} – выходная мощность на выходе усилителя (дБм);

P_{me} – полная излучаемая мощность антенны МС
(дБм);

G_m – усиления передающей антенны МС (коэффициент) (дБ);

L_m – потери в кабеле МС (дБ).

$$P_{ma} = p_{me} + G_m - L_m = 20 - 0 - (-3) = 23 \text{ дБм}$$

3.2.2 Мощность принятая БС от одного абонента

$$P_{cu} = P_{me} + L_p + A_l + G_t + L_t, \text{ дБм} \quad (3.29)$$

где P_{cu} – мощность принятая БС по каналу трафика от МС (дБм);

L_p – средние потери на трассе между базовой станцией и мобильной (дБ);

A_l – допуск на теневые потери (дБ);

L_t – потери в кабеле базовой станции (дБ).

G_t – усиления (на приеме) антенны БС (коэффициент)

$$P_{cu} = 20 - 146 - 6.2 + 14 - 2.5 = -120.7 \text{ дБм}$$

Плотность интерференции создаваемой другими абонентами в данной БС

$$I_{utr} = P_{cu} + 10\log(N_t - 1) + 10\log C_a - 10\log B_w, \text{ дБм/Гц} \quad (3.30)$$

где I_{utr} – плотность интерференции создаваемой другими МС (дБм/Гц);

C_a – активность речи в канале (коэффициент) ($C_a = 0.4 - 0.6$);

N_t – число трафик каналов имеющихся в одной БС.

$$I_{utr} = -120.7 + 10\log(20 - 1) + 10\log 0.6 + 10\log(1.2288 \cdot 10^6) = -171.03 \text{ дБм/Гц}$$

3.2.4 Плотность интерференции создаваемой другими абонентами других БС

$$I_{ctr} = I_{utr} + 10\log\left[\frac{1}{f_r} - 1\right], \text{ дБм/Гц} \quad (3.31)$$

где I_{ctr} – плотность интерференции от мобильных станций других базовых станций (дБм/Гц);

f_r – коэффициент повторного использования частот ($f_r = 0.65$).

$$I_{ctr} = -171.03 + 10 \log \left[\frac{1}{0.65} - 1 \right] = -172.79 \text{ дБм/Гц}$$

3.2.5 Плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций и данной БС

$$I_{rr} = 10 \log [10^{0.1 I_{ur}} + 10^{0.1 I_{ctr}}], \text{ дБм/Гц} \quad (3.32)$$

где I_{rr} – плотность интерференции создаваемой другими абонентами других базовых станций и данной БС (дБм/Гц)

3.2.6 Плотность температурного шума

$$N_0 = 10 \log (290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + N_f + 30 \quad (3.33)$$

где N_0 – плотность температурного шума (дБм/Гц);

N_f – значение шума в приемнике МС (дБ).

$$N_0 = 10 \log (290 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23}) + 5 + 30 = -168.98 \text{ дБм/Гц}$$

3.2.7 Отношение сигнал/шум + интерференция в трафик канале

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = P_{cu} - 10 \log b_{rr} - 10 \log [10^{0.1 I_{rr}} + 10^{0.1 N_0}], \quad (3.34)$$

где b_{rr} – скорость передачи данных в трафик канале обратного соединения (бит/с).

$$\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -120.7 - 10 \log (9600) - 10 \log [10^{0.1(-168.8)} + 10^{0.1(-168.98)}] = 5.35 \text{ дБ}$$

3.3 Исследование радиуса соты

Радиус соты можно получить, найдя расстояние на котором потери при распространении приводят к уровню сигнала равному требуемому, как функции загрузки соты. Радиус соты требуется для связи абонента и дома. Расчет экономического бюджета радиолинии для конкретной соты ведет к

нахождению величены максимальных приемлемых потерь при распределении L_{\max} . Так как потери при распространении пропорциональны длине радиолинии, значение L_{\max} выражает максимальную дистанцию радиолинии или другими словами эффективный радиус соты или сектора в определенном направлении. Общее выражение для потерь при распространении в дБ как функции расстояния следующее(3.35)

$$L(d_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} d_{km} \quad (3.35)$$

где d_{km} – расстояние в километрах

L значение потерь для $d_{km} = 1$

γ – закон распределения энергии

На краях соты, $d_{km} = R_{km}$ и потери равны L_{\max} . Таким образом, полное выражение для радиуса соты в километрах имеет вид:

$$L_{\max} = L(R_{km}) = L_1 + 10\gamma \log_{10} R_{km} \quad (3.36)$$

Решая общее выражение относительно R_{km} получаем

$$R_{km} = 10^{\frac{L_{\max} - L_1}{10\gamma}} \quad (3.37)$$

или

$$R_{km} \text{ (дБкм)} = 10 \log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma} \quad (3.38)$$

Таким образом, для нахождения отношения между радиусом соты и количеством трафика в соте, необходимо найти выражения для максимальных потерь при распределении L_{\max} и подставить в (3.38)

Эмпирическая формула для для потерь была определена МСЭС(ITU-R)

$$L(B) = 69.55 + 26.16 \log_{10} f_{MHz} - a(h_m) - 13.82 \log_{10} h_b + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d_{km} - B, \quad (3.40)$$

где h_b - и h_m - высоты антенн базовой и мобильной станции в метрах

f_{MHz} - центральная частота в МГц

$$a(h_2) = [(1.1 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.7)h_m - (1.56 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.8)]$$

$B = 30 - 25 \log_{10}$ (% площади покрытой зданиями) коррекционный фактор.

Формула преобразована из модели условий распространения Хата для малых и средних городов.

Таким образом

$$L(\partial B) = 69.55 + 26.16 \log_{10} f_{\text{МГц}} - [(1.1 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.7)h_m - (1.56 \log_{10} f_{\text{МГц}} - 0.8)] - 13.82 \log_{10} h_b + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d_{km} - [30 - 25 \log_{10} (\%)] \quad (3.41)$$

Используем среднее значениями обратного канала покрывающего частоты с 452 МГц по 452 МГц, таким образом, центральная частота $f = 453$ МГц [9] и высотами антенн базовой станции $h_b = 30$ м и мобильного терминала $h_m = 1,5$ м, а так же процентом застройки равным 10%

Подставив данные в (3.41) получим:

$$\begin{aligned} L(d_{km}) &= 48,08 + 35,22 \log_{10} d_{km} + 25 \log_{10} (\%) = \\ &= 73,08 + 35,22 \log_{10} d_{km}, \text{ } _{10\% \text{зданий}} \end{aligned} \quad (3.42)$$

Таким образом, сравнивая выражения (3.42) и (3.36) находим значения для L_1 и γ

$$L_1 = 73,08 \text{ дБ и } \gamma = 35.22/10 = 3.522$$

Теперь необходимо найти выражение для максимальных потерь при распределении L тах относительно нагрузки соты. Для этого нужно определить зависимость уровня сигнала от загрузки соты.

Обозначим средний уровень сигнала, требуемый при приеме s Р и минимальный необходимый при приеме уровень сигнала в отсутствии интерференции P_s .

В соответствии с идеально отрегулированной по мощности моделью требуемое среднее значение принимаемого сигнала:

$$P_s = \frac{P'_s}{1 - \frac{M}{M_{\max}}} \quad (3.43)$$

где $\frac{M}{M_{\max}}$ отношение количества пользователей в соте (секторе) к максимальному количеству пользователей.

С учетом запаса по мощности в дБм

$$P_s(\text{дБм}) = P'_s(\text{дБм}) + M_B - 10 \log_{10} \left(1 - \frac{M}{M_{\max}} \right), \quad (3.44)$$

где

$$\begin{aligned} P'_s(\text{дБм}) &= (E_b / N_0)_{\text{req}}(B) + (N_0 W)_c(\text{дБм}) - (PG)(\text{дБ}) = \\ &= (E_b / N_0)_{\text{req}}(B) - 129.2 \text{ дБм} \end{aligned} \quad (3.45)$$

Предположив, что база сигнала $PG=128=21.1\text{дБ}$ и шумы приемника базовой станции 5 дБ, следует что дБм $(W_0 N_0)=108.1$

Идеальное максимальное количество пользователей с учетом запаса по мощности:

$$M_{\max}(E_b / N_0; M_{\text{дБ}}) = \frac{PG}{(E_b / N_0)_{\text{req}} * F * \alpha} * \frac{1}{10^{M_{\text{дБ}}/10}} \quad (3.46)$$

Отсюда поучаем, что максимально приемлемые потери при распределении, это потери, при которых максимальной мощности передатчика мобильного терминала и различных усилениях и потерях не при распределении в обратном канале, приводят к тому, что на базовой станции принимается требуемый уровень сигнала. Формулировка, выражающее данное состояние такое:

$$P_s = P_{\text{Рбез_потерь}} - L_{\max} \quad (3.47)$$

где

$$P_R(\text{дБМ})_{\text{без_потерь}} = P_m - L_m + G_m - L_p - L_b + G_c - L_c \quad (3.48)$$

$P_R(\text{дБМ})_{\text{без_потерь}}$ показывает мощность мобильного терминала, которая была бы принята приемником базовой станции в отсутствии каких либо потерь. Таким образом выражение имеет вид:

$$L_{\max} = P_R(\text{дБМ})_{\text{без_потерь}} - P_S(\text{дБМ}) \quad (3.49)$$

Типичные значения параметров обратного канала, перечисленных в формулу (3.48) представлены в таблице 3.1. Подставляя значения этих параметров в формулу (3.48), получаем:

$$P_R(\text{дБМ})_{\text{без_потерь}} = 23 - 0 + 2.1 - 3 - 10 + 14.1 - 2 = 24.2 \text{ дБМ}$$

Таблица 3.1 – Параметры обратного канала CDMA

Параметр	Обозначение	Значение
Мощность мобильного терминала	P_m	23 дБМ
Потери в кабеле мобильного терминала	L_m	0 дБ
Коэффициент усиления антенны мобильного терминала	G_m	2,1дБ
Потери при ориентации антенны мобильного терминала	L_p	3 дБ
Допуск на проникновения в здания	L_b	10 дБ
Коэффициент усиления антенны базовой станции	G_c	14.1дБ
Потеря в кабеле базовой станции	L_c	2 дБ

Выражение для максимального ослабления при распространении как функции параметра загрузки сети X имеет вид:

$$L_{\max}(B) = P_m(\text{дБМ}) + G_c(B) + G_m(B) - SNR_{req}(B) - (N_0 W)_c(\text{дБМ}) + 10 \log_{10}(1 - X) \quad (3.50)$$

Если добавить в (3.50) детализированные потери из (3.49) с учетом запаса по мощности используемого в (3.44), тогда (3.50) можно выразить как

$$\begin{aligned} L_{\max} (\text{дБ}) &= P_R (\text{дБм})_{\text{без_потерь}} - P_S (\text{дБм}) \\ &= P_R (\text{дБм})_{\text{без_потерь}} - P_S (\text{дБм}) + M_B - 10 \log_{10}(1 - M/M_{\max}) \end{aligned} \quad (3.51)$$

Теперь подставим (3.51) в качестве L_{\max} для того, что бы получить нужное выражение радиуса соты как функции загрузки сети:

$$\begin{aligned} R_{km} (\text{дБкм}) &= 10 \log_{10} R_{km} = \frac{L_{\max} - L_1}{\gamma} = \\ &= \frac{P_R (\text{дБм})_{\text{без_потерь}} - L_1 - P_S (\text{дБм}) - M_B + 10 \log_{10}(1 - M/M_{\max})}{\gamma} \end{aligned} \quad (3.52)$$

Это выражение показывает максимальный радиус соты доступный мобильному передатчику с мощностью рассмотренной в расчетах $P_R (\text{дБм})_{\text{без_потерь}}$.

Найдем числовое выражения для радиуса соты, основываясь на выражении (3.52), используя модель МСЭС(ITU-R), численные значения параметров обратного канала приведенного в Таблице 3.1, а так же предполагая, что высоты антенн базовой станции $h_b=30\text{m}$ и мобильной станции $h_m=1.5\text{m}$ и 10% покрытием территории зданиями

Используя данные Таблицы 3.1, принимаемая мощность без потерь при распространении равна:

$$P_R (\text{дБм})_{\text{без_потерь}} = 24.2 \text{ дБм},$$

из (3.45), требуемая мощность принимаемого сигнала с учетом интерференции и без запаса по мощности равна

$$P_S (\text{дБм}) = (E_b / N_0)_{\text{req}} (\text{дБ}) - 129.2 \text{ дБм}$$

и из (3.49) значения L_1 и γ равны,

$$L_1 = 73,08 \text{ дБ} \quad \text{и} \quad \gamma = 35,22/10 = 3,522$$

Подставляя всё это в (3.60) мы получаем выражение с параметрами, E_b/N_0 , $M_{\text{дБ}}$, M , M_{\max} :

$$R_{km}(\text{дБкм}) = \frac{1}{3.522} [24.2 - 73.08 - (\frac{E_b}{N_0}(\text{дБ}) - 129.2) - M_{\text{дБ}} + 10 \log_{10}(1 - \frac{M}{M_{\text{max}}})] \quad (3.53)$$

$$= \frac{1}{3.522} [80.32 - \frac{E_b}{N_0}(\text{дБ}) - M_{\text{дБ}} + 10 \log_{10}(1 - \frac{M}{M_{\text{max}}})]$$

Для того, что бы показать зависимость радиуса соты от М (количества активных пользователей) при принятых значениях E_b/N_0 запаса по мощности используем (3.53) для записи

$$R_{km} = 10^{R_{km}(\text{дБкм})/10} = 10^{80.32/35.22} (1 - \frac{M}{M_{\text{max}}})^{10/35.22} (\frac{E_b}{N_0} * 10^{M_{\text{дБ}}/10})^{-1/3.522} \quad (3.54)$$

$$= 190.775 (1 - \frac{M}{M_{\text{max}}})^{0.284} (\frac{E_b}{N_0} * 10^{M_{\text{дБ}}/10})^{-0.284}$$

Значения M выбираются исходя из заранее выбранной надежности канала. Типичные значения приведены в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Запас по мощности для различной надежности

P_{rel}	M_B
0,70	0,20 dB
0,80	0,93 dB
0,90	0,92 dB

Используя выражение идеальной емкости системы (3.52) M_{max} , для выражения радиуса соты (3.54) построим график (рисунок 3.1) для различных значений $M_{\text{дБ}}$ и E_b/N_0 . Программа расчета радиуса соты на MathCAD 15 в продолжении (приложении А).

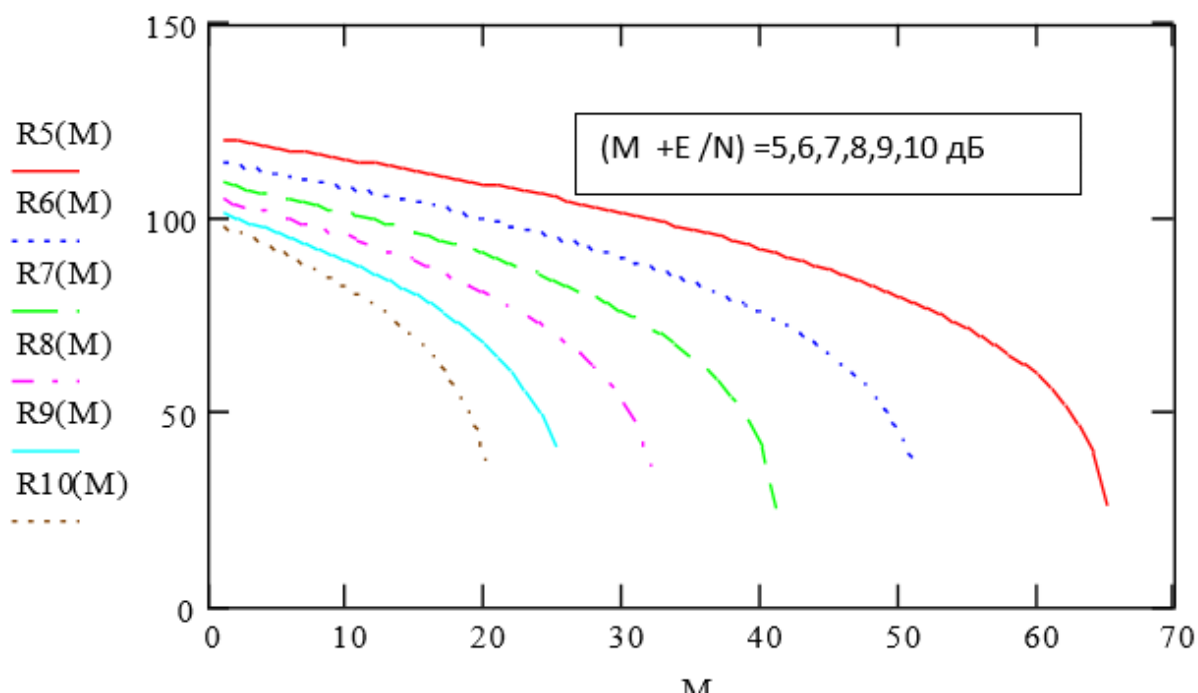


Рисунок 3.1 - График зависимости радиуса соты от загрузки соты

На графике показано, то что нужные значение $0 / N E$ в и дБ M , выбираемые из расчета надежности системы для обратного канала очень сильно влияют на размер нашей соты. При высоких значениях надежности и следовательно отношения сигнал шум и запаса по мощности, радиус соты будет начинать стремительно спускаться вниз при определенных значениях емкости системы (количества активных пользователей в сети). Так же в графике можно определить уровень снижения радиуса соты при определенном значении активных пользователей в сети. Изучение модели беспроводной сети позволяет спроектировать сеть исходя из типичных входных параметров, таких как: частота, мощности передатчиков, надежность системы, процент застройки и.т.д. и спрогнозировать основные её показатели, такие как емкость и зона покрытия.

4 Способы планирования беспроводной локальной сети

Планирование беспроводной локальной сети WLAN является важным этапом реализации проекта по ее внедрению, позволяющим обеспечить выполнение требований пользователей сети к ее характеристикам.

Планирование беспроводной локальной сети Wi-Fi делится на три этапа: Первый тип часто называют «предпроектное обследование», «радиоразведка». В зарубежной литературе ему соответствует термин «sitesurvey», «RF site survey». Требуется выезд на место установки эксперта, вооруженного специализированным оборудованием, проведения измерений и различных тестов. Он является более затратным, но и более

эффективным, так как позволяет провести реальные измерения требуемых характеристик с реально применяемым оборудованием в реальных условиях применения.

С помощью программы Tamograph Site Survey производится радиочастотное инспектирование в каждом блоке, жилого комплекса Алатау, города Алматы.

Второй способ планирования беспроводной сети – *расчет ее радио покрытия*. Этот способ основан на расчетном прогнозировании характеристик беспроводной сети на основании исходных данных, полученных от ее заказчика. Прогнозирование характеристик производится при помощи математической модели. Информация о месте установки обрабатывается экспертом и импортируется в специализированное программное обеспечение, которое позволяет провести расчет основных характеристик беспроводной сети и предложить *предварительное размещение* точек доступа для выполнения требований заказчика, основанное на данных теоретического расчета. На данном этапе производятся математические расчеты для каждой конкретной квартиры, с учетом всех требуемых услуг абонентами беспроводных точек доступа (рассчитывается дальность связи относительно требуемой скорости абоненту).

Третий тип планирования можно назвать «на глазок», «по здравому смыслу». Отсутствие экспертизы в беспроводных сетях не мешает таким

«планировщикам» покрыть схему помещения кругами по 50-100 метров и назвать это «планированием». Такой подход является наиболее быстрым и менее затратным, но чреват большим разочарованием пользователей. Не принимая во внимание специфики оборудования и места применения сети, такой способ приводит к большим ошибкам планирования и не должен применяться даже для бюджетной оценки проекта создания беспроводной сети. Риск возникновения проблем и даже полной удачи проекта слишком велик. Даже современные системы адаптивной настройки радиопараметров не позволяют исправить ошибки такого способа планирования.

В данном случае этот тип планирования не используется в нашей работе.

4.1 Радиочастотное планирование сети и моделирование покрытия

Tamograph Site Survey — мощный и удобный инструмент для сбора, визуализации и анализа данных в сетях Wi-Fi стандарта 802.11 a/b/g/n/ac.

Для внедрения и эксплуатации беспроводных сетей в здание нужны профессиональные программные продукты, которые позволят значительно упростить выполнение таких сложных и трудоемких задач как построение карт покрытия, анализ интерференции и уровня сигнала, распределение Wi-

Fi- каналов, и т.п.

4.2 Размещение и подключение точек доступа

Помимо моделирования радиочастотной среды и планирования емкости, при проектировании размещения и подключения точек доступа в здании необходимо продумать физическую доступность, организацию распределительной сети и электропитания для каждого соединения, а также общую эстетику инсталляции.

Грамотный выбор места установки поможет сэкономить на обслуживании и в целом снизить эксплуатационные расходы системы «Умный дом». Очень часто доступ к оборудованию и датчикам беспроводной связи осложнен. Точку доступа размещаем над фалы потолком или в закрытых шкафах, что требует прокладки кабелей в подпотолочном пространстве. Но монтаж на стену или на потолок все же предпочтительнее. Это позволяет всегда видеть индикаторы состояния точки доступа.

Выбираем место размещения телекоммуникационной розетки. Хорошая доступность розетки, ее расположение рядом с точкой доступа позволят легко провести тестирование линии связи и быстро отключить точку доступа для обслуживания или ремонта.

Распределительная сеть. В сети традиционной топологии телекоммуникационная розетка, используемая для подключения точки доступа, напрямую связана горизонтальным кабелем с коммутационной панелью, находящейся в телекоммуникационной комнате на том же этаже. Альтернативный вариант — зонная архитектура, которая может обеспечить легкую установку, высокую гибкость и потенциально более низкие эксплуатационные расходы.

В зонной модели, кабели прокладываются от аппаратной комнаты к конкретным выделенным зонам в здании. Фиксированная проводка заканчивается на уровне точки консолидации (Consolidation Point, CP), откуда ответвительными кабелями происходит подключение телекоммуникационных розеток для точек доступа. Такой подход обеспечивает максимальную гибкость системы при размещении первой розетки в каждой ячейке, оставляя необходимые ресурсы для подключения дополнительных розеток. При наличии фиксированной проводки инсталляторы получают «свободу маневра» при прокладке удлинительных кабелей для подключения к точке консолидации телекоммуникационных розеток, которые могут использоваться для обслуживания ТД или другого оборудования интеллектуального здания. Электропитание. Точки доступа подключаются к обычной электросети, необходимо согласовать все действия со службой главного энергетика. По этой причине большинство точек доступа сконструировано для получения электричества по слаботочной СКС — по технологии PoE. Для обеспечения надежной работы оборудования

(особенно тех точек доступа, которые устанавливаются в закрытых местах или будут эксплуатироваться в сложных климатических условиях) рекомендуется проверить канал PoE.



Рисунок 4.1 - Размещение и подключение Wi-Fi и датчиков

На рисунке 4.1 изображена схема размещения и подключения точки доступа в квартирах. Условные обозначения маршрутизатора и датчика показаны ниже.



- wi fi маршрутизатор



- датчик

Требования к питанию новых точек доступа стандарта 802.11ac могут оказаться более жесткими. рассмотрим возможность прокладки по меньшей мере двух кабелей.

4.3 Расчет зоны действия сигнала с учетом помех в здании

Данная методика позволяет узнать теоретическую дальность работы беспроводного канала связи с датчиками встроенными в помещение на разных частях квартиры. Надо сразу отметить, что расстояние между антеннами, получаемое по формуле – максимально достижимое теоретически, а так как на беспроводную связь влияет множество факторов, получить такую дальность работы, практически невозможно. Формула расчета дальности берется из инженерной формулы расчета потерь в свободном пространстве.

$$FSL = 33 + 20 (1 \lg F + 1 \lg D) \quad (4.1)$$

где, FSL (Free Space Loss) - потери в свободном пространстве (дБ);

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

D - расстояние между двумя точками (м).

Суммарное усиление системы. Оно считается следующим образом:

$$Y_{дБ} = P_{t, дБмВт} + G_{t, дБи} + G_{r, дБи} - P_{min, дБмВт} - L_{t, дБ} - L_{r, дБ} \quad (4.2)$$

где, $P_{t, дБмВт}$ - мощность передатчика;

$G_{t, дБи}$ - усиления передающей антенны (коэффициент);

$G_{r, дБи}$ - усиления приемной антенны (коэффициент);

$P_{min, дБмВт}$ - чувствительность приемника на данной скорости;

$L_{t, дБ}$ - потери сигнала в коаксиальном кабеле и разъемах передающего тракта;

$L_{r, дБ}$ - потери сигнала в коаксиальном кабеле и разъемах приемного тракта.

Исходя из формул 1 и 2, формула потери в свободном пространстве:

$$(4.3) \quad FSN = Y_{дБ} - SOM$$

где, SOM (System Operating Margin) - запас в энергетике радиосвязи (дБ).

Учитывает возможные факторы, отрицательно влияющие на дальность связи, такие как:

- 1) температурный дрейф чувствительности приемника и выходной мощности передатчика;
- 2) всевозможные атмосферные явления;
- 3) рассогласование антенны, приемника, передатчика с антенно-фидерным трактом.

В зависимости от места проведения расчетов, параметр SOM берется из таблицы (таблица 4.1).

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

$$D = 10 \left(\frac{FSL}{20} - \frac{33}{20} \lg F \right) \quad (4.4)$$

где центральная частота канала F берется из таблиц 4.2

Таблица 4..1 – Параметры запаса в энергетике радиосвязи в зависимости от среды (дБ)

Наименование	Значение
Окно в кирпичной стене	2
Стекло в металлической раме, дБ	6
Офисная стена, дБ	6
Железная дверь в офисной стене, дБ	7
Ж/Б стена, перекрытие, дБ	9-25
Железная дверь в кирпичной стене, дБ	12,4
Стекловолокно, дБ	12,4
Стекло, дБ	0,5-1
Дождь и туман, дБ/км	0,02-0,05
Деревья, дБ/м	0,35
Кабельная сборка pigtail, дБ	0,5
Полосовой фильтр NCS F24XXX, дБ	1,5
Разъем N-type, дБ	0,75
Инжектор питания, дБ	0,5

Таблица 4.2 - Неперекрывающиеся каналы частотой 2 ГГц [4]

Канал	Центральная частота, МГц
1	2412
6	2437
11	2462

Для каждой скорости приемника соответствует определенная чувствительность. Для маленьких скоростей чувствительность наименьшая. Для высоких скоростей чувствительность намного выше. (таблица 4.4 -4.5)

Так как в данном проекте организовываем беспроводную связь Wi-Fi в жилом комплексе Алатау, мы выступаем в качестве провайдера связи и задаем свои тарифные планы со скоростями 60 Мбит/с, 120 Мбит/с, 240 Мбит/с. В зависимости от предпочтений, абонент выбирает для себя подходящую скорость. С учетом этих скоростей, рассчитаем дальность связи беспроводной сети Wi-Fi.

В качестве приемника используются параметры DWA-182 Беспроводной двух диапазонный USB-адаптер AC1200 (Таблица 4.4-4.5)

Таблица 4.3 – Параметры выходной мощности передатчика D-Link 868 L для 2.4GHz стандарта IEEE 802.11n [5]

Скорость, Мбит/с	Чувствительность, дБм
300	14
270	14
240	14
180	14
120	14
90	14
60	14
30	14

Таблица 4.4 – Параметры чувствительности приемника DWA-182 для 2.4GHz стандарта IEEE 802.11n[5]

Скорость, Мбит/с	Чувствительность, дБм
300	-61
270	-62
240	-63
180	-67
120	-74
90	-74
60	-76
30	-79

Коэффициент усиления антенны ($G_{t, \text{дБи}}$): D-Link 868 L: 2dBi (2.4 ГГц)).
[4]

Коэффициент усиления антенны ($G_{r, \text{дБи}}$): DWA-182: 0 dBi в диапазонах 2.4 ГГц . [5]

3.9 Расчет дальности связи для скорости 60 Мбит/с

Суммарное усиление системы:

$$Y_{60} = 14 + 2 + 0 - (-76) = 92 \text{ дБ} \quad (4.5)$$

Т.к. производим расчеты для квартир, берем SOM как железобетонное перекрытие равное 15 дБ (см таблицу №4.1)

$$FSN_{60} = 95 - 15 = 80 \text{ дБ} \quad (4.6)$$

Для каждого канала соответствует центральная частота (см таблицу 6-7): Расчет дальности связи для 1 канала:

$$D1 = 10 \left[\frac{FSN}{20} - \frac{33}{20} - \log(2412) \right] \quad (4.7)$$

$$D1 = 0.091 \text{ км}$$

Расчет дальности связи для 2 канала:

$$D2 = 10 \left[\frac{FSN}{20} - \frac{33}{20} - \log(2437) \right] \quad (4.8)$$

$$D2 = 0.092 \text{ км}$$

Расчет дальности связи для 3 канала:

$$D3 = 10 \left[\frac{FSN}{20} - \frac{33}{20} - \log(2462) \right] \quad (4.9)$$

$$D3 = 0.091 \text{ км}$$

Из расчетов видно, что радиус действия точки доступа на скорости 60 Мбит/с составляет 90 метров. Это означает что точка доступа полностью покрывает площадь квартиры.

5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Описание рабочего помещения

В процессе выполнения данного дипломного проекта будет производиться пайка рабочей схемы, поэтому в качестве рабочего помещения возьмем помещение, в котором будет производиться пайка.

Данное помещение располагается в лаборатории спутниковых и

навигационных технологий Института космических техник и технологий, находящегося по адресу г. Алматы, ул.Тлендиева, 34.

Рабочее помещение имеет длину 9метра, ширина 4метра, высота 2.8 метра. Соответственно площадь и объем помещения равны:

$$S = a \cdot b, \quad (5.1)$$

$$S = 9 \cdot 4 = 36 \text{ м}^2,$$

$$V = S \cdot h, \quad (5.2)$$

$$V = 36 \cdot 2.8 = 100,8 \text{ м}^3.$$

В помещении будут 4 рабочей зоны, два места для пайки датчиков, и два для работы с персональным компьютером. Работа будет производиться в 1 дневную смену с 9.00 часов утра до 18.00 часов дня.

На одно рабочее место приходится:

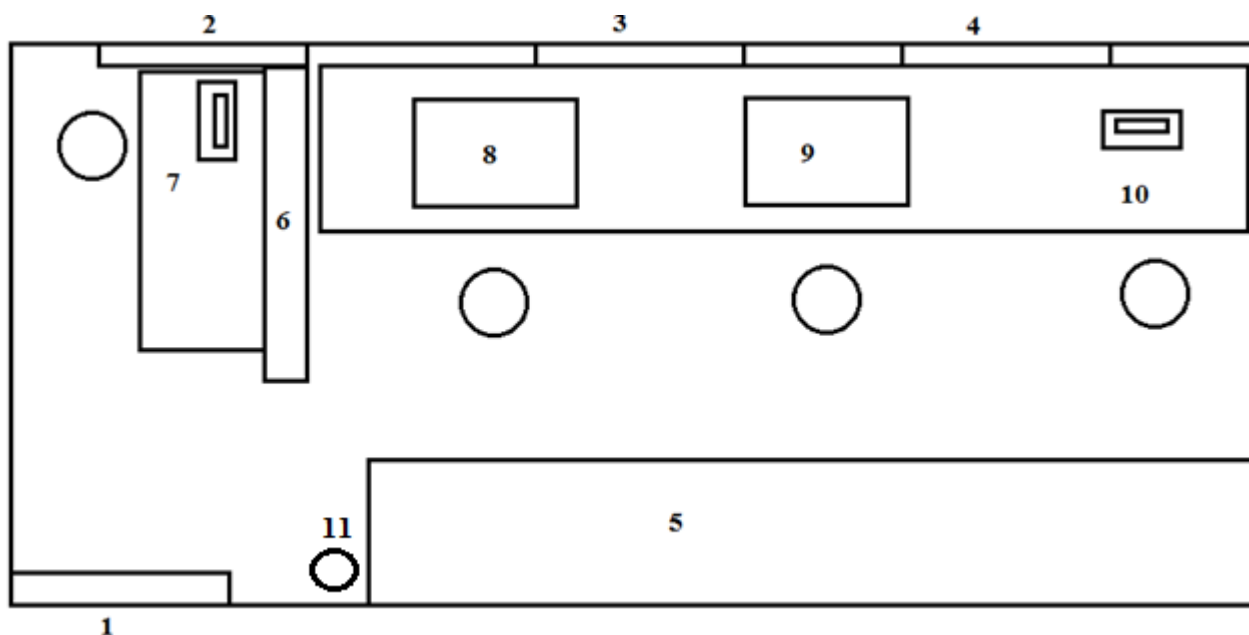
$$\frac{S}{4} = 36 / 4 = 9 \text{ м}^2$$

$$\frac{V}{4} = 100.8 / 4 = 25.2 \text{ м}^3$$

Площади 9 м² и 25,2 м³ объема, что согласуется с требованиями ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» (не менее 4.5 м² площади и не менее 15 м³ объема помещения на 1 рабочее место).

В комнате белый потолок и побеленные стены. В помещении 3 боковых окна, все расположены на одной стене, с западной стороны.

План помещения показан на рисунке 5.1.



1 – дверь; 2, 3, 4 – окна; 5, 6 – стеллажи;
7, 10 – компьютерные рабочие места; 8, 9 – рабочие места для пайки; 11 – огнетушитель ОП-5

Рисунок 5.1 – План помещения

К свойствам микроклимата воздуха в помещении относятся, влажность, температура и скорость ветра. По производимым энерго затратам организма работников, работа относится к категории работ Иб – легкая физическая. Для этой категории работ нужными параметрами микроклимата будут являться следующие значения: в холодный период – 21-23 °С при влажности 76 % и 0.1 м/с; в теплый период – 23-25 °С при влажности 61 % и 0.2 м/с.

Для обеспечения оптимальных значений параметров микроклимата, а соответственно идеальных условий труда для работников в рабочем помещении поставлен кондиционер LG MAX AK08UGSER.

Источники вибрации, шума в помещении нет. Для изоляции от из вне источников шумов комната снабжено звукоизолирующими пластиковыми окнами.

В целях пожарной безопасности в комнате расположен переносной порошковый огнетушитель ОП-5, который может использоваться для тушения твердых веществ, газов, жидкостей а также электроустановок под напряжением. Местонахождения огнетушителя показано на схеме помещения. Также снаружи, возле внешней стены комнате находится пожарный щит, содержащий все необходимые инструменты для пожаротушения.

Одним из основных процессов, выполняющихся в данном помещении, является сборка плат, предусматривающий пайку, лужение и т.д. Соответственно, так как на данный момент, в виду уменьшения элементной базы плат, пайку и сбор плат можно отнести к II Б разряду зарительной работы высокой точности, то для данного типа работ очень важным

является освещенность. Поэтому произведем расчет освещенности помещения на его достаточность.

5.2 Расчет естественного освещения

Расчет естественного освещения основан в определении площади световых проемов. Общую площадь окон определяем по формуле для бокового освещения:

$$S_0 = \frac{S_n * e_n * \eta_0 * K_{з\partial} * K_3}{100 * \tau_0 * r_1}, \quad (5.5)$$

где $S_n=36 \text{ м}^2$ – площадь полапомещения;

e_n – значение нормированное КЕО;

$$e_n = e_{KEO} \cdot m;$$

e_n - значение КЕО по таблице 1 [17] для II-го разряда Б-подразряда зрительной работы: $e_{keo}=1.5$;

m – коэффициент светового климата, определяется по таблице для ориентации световых проёмов для 4 группы по ресурсам светового климата с ориентацией окон на восток $m=1.1$;

$$e_n = 1.5 \cdot 1.1 = 1.65 .$$

K_3 – коэффициент запаса по таблице, $K_3 = 1.3$:

τ_0 - коэффициент светопропускания (общий):

$$\tau_0 = \tau_1 * \tau_2 * \tau_3 * \tau_4 \quad (5.6)$$

τ_1 - коэффициент светопропускания материала по таблице 3.3 [18]:

для стеклопакета $\tau_1 = 0.8$;

τ_2 - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроёма по таблице 3.4 [18]: $\tau_2 = 0.7$;

τ_3 коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, при боковом освещении равен 1;

τ_4 - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, см. таблицу 3.6 [18]: $\tau_4 = 1$.

Тогда:

$$\tau_0 = 0.8 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1 = 0.56 ,$$

η_0 – световая характеристика окон по таблице 3.2 [18].

Отношения необходимые для определения η_0 :

$$L/B=8.5/3.8=2.24, \quad (5.7)$$

$$h_1 = h_{н.ок} + h_{пов} \quad (6.8)$$

$$h_1 = 1.5 + 0.8 = 2.3 \text{ м},$$

где h_1 – высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна.

$$B/h_1 = 3.8/2.3 = 1.65 \quad (5.9)$$

Таким образом $\eta_0 = 8.7$.

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию, см. таблицу 3.9 [18]:

$$\frac{P_{пот} + P_{ст} + P_{пол}}{3} = \frac{50 + 50 + 10}{3} = 36,67\%$$

где $\rho_{пот} = 50$ – коэффициент отражения потолка;

$\rho_{стен} = 50$ – коэффициент отражения стен;

$\rho_{пол} = 10$ – коэффициент отражения пола;

$r_1 = 1.1$

$K_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями по таблице 3.8 [18]:

$$P/H = 4/5 = 0.8, \quad (5.11)$$

где P – расстояние до рядом стоящего здания, $P = 4$ м;

$H_{зд}$ – высота рядом стоящего здания, $H_{зд} = 5$ м.

По таблице $K_{зд} = 1.4$. Подставим все значения в расчетную формулу:

$$S_0 = \frac{32.2 * 1.5 * 8.7 * 1.3 * 1.4}{100 * 0.56 * 1.1} \approx 12.4 \text{ м}^2$$

В комнате есть три боковых окна. Каждое из них площадью 0.24 м². Иными словами фактическая площадь каждого окна для требуемого освещения меньше расчетного на более чем 11 м². То-есть можно сделать вывод, что имеющееся естественное освещение нехватает для выполнения работ высокого класса точности. И обязано комбинироваться с искусственным освещением, что и применяется в данном рабочем помещении.

5.3 Расчет выбросов вредных веществ в процессе пайки

Во время пайки в воздух выбрасываются вредные вещества, которые содержат в себе вредные вещества. А в воздухе необходимо контролировать их в целях сохранения безопасности жизнедеятельности персонала.

Таблица 5.1 – ПДК веществ, выделяющихся в процессе пайки

Вещество (составы)	Класс опасности	ПДК в воздухе, мг/м ³
Припои:		
ПОС 40; ПОС 61	1	0.01 (по свинцу)
ПОЦ 10; ПОЦ 55	3	10 (по олову)
ПИНОК 44	1	0.1 (по кадмию)
ПрМЦН 49	2	1 (по меди)
АлЧ-ГМ	3	2 (по алюминию)
Компоненты флюсов:		
бензин	4	300
триэтаноламин	3	5
этилацетат	4	200
Газы:		
окись углерода	4	20
окислы азота	2	5
углеводороды	4	300

Вредные вещества, выбрасываемых в воздух при операциях пайки, лужения, обжиге изоляции проводов поступают в воздух рабочей зоны, в виде паров, газов, аэрозолей. В таблице 5.1 показаны классы опасности и предельно допустимые концентрации (ПДК) для некоторых припоев, флюсов и выделяющихся газов.

Вредные вещества, в виде паров, газов, аэрозолей попадая в организм через органы дыхания, пищеварительный тракт, на слизистые оболочки, оказывают раздражающие действия и могут действовать как жидкие яды, вызывая различные отравления. По степени воздействия на человека, все вредные вещества делятся на четыре класса опасности:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные;
- 2-й класс – высоко опасные;
- 3-й класс – умеренно опасные;
- 4-й класс – малоопасные.

Одними из наиболее опасных веществ, выделяющихся при пайке, окислы азота (2-й класс), являются медь (2-й класс), свинец (1-й класс), кадмий (1-й класс).

Максимальное одноразовое выделение вредных веществ от группы оборудования при пайке определяется по формуле:

$$G_{\Pi} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{q_i * N}{\tau * 3600} \right) \text{мг/с} , \quad (5.12)$$

где q_i – удельное выделение вредного вещества, [мг/пайка];

N – производительность на рабочем месте, [пайка/час];

τ – продолжительность паяльных работ за смену, [час]; m – число рабочих мест на участке.

Общее валовое выделение вредных веществ при пайке с участка от всех рабочих мест вычисляется по соотношению [19]:

$$M_{\Pi} = \sum_{i=1}^m q_i * N * \tau * T \text{т/год}, \quad (5.13)$$

где T – число рабочих дней в году.

Пайка производится припоем ПОС-40, у которого удельное отделение аэрозоля свинца при пайке паяльником 50 Вт: $q_i = 0.0003$ мг/пайка.

Найдем максимальное одноразовое и общее валовое выделения вредных веществ в воздух помещения. Исходными данными будут: $N = 5$ паек в час; $\tau = 4$ часа пайки за смену; $m = 2$ смены; $T = 245$ рабочих дней (на 2016 год при пятидневной рабочей неделе).

Тогда максимальное разовое выделение аэрозоля свинца:

$$G_n = 2 * \left(\frac{0,0003 * 5}{4 * 3600} \right) = 0,00021 \text{мкг/с}.$$

Общее валовое выделение вредных веществ:

$$M_{\Pi} = 0.0003 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 245 = 1.47 \text{т/год}.$$

На рабочих зонах, предполагающих пайку, не предусмотрено наличие систем отвода воздуха, имеющего вредные вещества. Найдем насколько это необходимо. Для этого определим концентрацию выделяемых вредных веществ за 1 смену с двух рабочих мест, при условии, что они никуда не

выветрятся (полное отсутствие движения воздуха), и проветривание будет производиться только в конце рабочей смены. Для начала определим валовое выделение вредных веществ за одну смену по следующей формуле:

$$B_{\Pi} = G_{\Pi} \cdot \tau \cdot 3600 \text{ мкг/смена}, \quad (5.14)$$

$$B_{\Pi} = 0.00021 \cdot 4 \cdot 3600 = 3.024 \text{ мкг/смена} = 0.003 \text{ мг/смена}.$$

Теперь определим концентрацию аэрозолей свинца, при условии равномерного их распределения по всему объему рабочего помещения. Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$C_n = \frac{B_n}{V} \text{ мг / м}^3 \quad (5.15)$$

$$C_n = 0,003/90,44=0,000033 \text{ мг/м}^3$$

Таким образом, мы получили, что к окончанию одной смены в воздухе рабочей комнаты будут находиться 0.000033 мг аэрозолей свинца на 1 м³. Это в целом на порядка три раза меньше ПДК для аэрозолей свинца. Также учитываются, что расчет был произведен без учета продвижения воздуха, которое на самом деле будет присутствовать (за счет открывания и закрытия окон, двери, а также за счет несовершенства конструкций, и, следовательно, щелей, дыр), то мы можем сделать вывод, что наличие воздухоотводящего оборудования на рабочих местах не требуется.

5.4 Электробезопасность

Как известно на половине рабочей части помещения, платы будет проходить 220-вольтная часть. В целях сохранения безопасности, как разработчика, так и конечного пользователя, нужно провести разводку печатной платы, в части содержащей 220 В, с учетом избегания возможности короткого замыкания в помещении. Для этого необходимо соблюсти расстояние, на котором уже возможен пробой воздуха и текстолита. Также требуется рассчитать минимальное значение ширины дорожки для 220 В.

Расчет будет производиться с учетом того, что потребителем электрической энергии нашей платы будет являться обычная 60 Вт лампа накаливания. Тогда для начала определим предельное значение тока, которое будет протекать по дорожке:

$$I_{np}=P/U \quad (5.16)$$

$$I_{np}=60/220=0,27A.$$

Найдем минимальное значение площади поперечного сечения дорожки при предельном значении тока 0.27 А по следующей формуле:

$$S_m = \frac{I_{np} * K_n * K_y}{j}$$

где $K_n = 1.05$ –коэффициент поправочный;

$K_y = 1.1$ –коэффициент поправочный;

$j = 20 \text{ А/мм}^2$ предельное значение плотности тока для двусторонней печатной платы.

Тогда минимальное значение площади поперечного сечения дорожки:

$$S_m=(0.27 \cdot 1.05 \cdot 1.1)=0.0156\text{мм}$$

Минимальная ширина проводящей дорожки рассчитывается по следующей формуле:

$$B_m=S_m/h_{\text{меди}}, \quad (5.17)$$

где $h_{\text{меди}} = 35 \text{ мкм}$ – высота покрытия меди.

Тогда минимальная ширина дорожки будет равна:

$$B_m=0,0156/35 \cdot 10^{-3} =0,45\text{мм}$$

Таким образом, ширина дорожек, проводящих 220 В, должна быть не менее чем 0.45 мм.

При нормальных условиях пробивное напряжение воздуха между двумя открытыми проводниками составляет порядка 4.5 кВ на мм. Так как во время эксплуатации между двумя дорожками может попасть пыль или тому подобное и создать мост для короткого замыкания. Согласно рекомендации IPC-2221A по разводке печатных плат, при напряжениях от 171 до 250 вольт минимальное расстояние между проводниками должно составлять 0.8 мм. Устаревание за время эксплуатации, изменение влажности, возможное выпадение осадков может привести к уменьшению расстояния, на котором возможно короткое замыкание между проводниками.

С учетом приведенных выше расчетов и заключений ширина проводящих дорожек была принята 2 мм, минимально допустимое расстояние между проводниками 5 мм. По возможности, в целях большей изоляции, необходимо покрыть 220 В часть схемы эпоксидным лаком.

6.1 Определение экономической эффективности приобретения системы «Умный дом»

С развитием технологий все более и более разных электрических устройств наполняет наши дома. Разные инновационные устройства разрешают людям еще проще и с огромным уютом делать обыденные будничные вещи. В крайнее время все более людей желают заавтоматизировать каждодневные процессы в доме с поддержкой, этак именуемых, систем «Умного дома». Кроме удобства в применении данные системы разрешают еще контролировать внедрение ресурсов, что еще актуально в свете современных веяний к сохранению и экономии естественных ресурсов и охраны экологии. Этак, к примеру, система может найти протечку воды в ванной комнате в отсутствие владельцев и устранить её.

На этот момент на рынке уже имеется определенное численность решений связанных с системами «Умного дома». Во всем обилии выбора можно отметить 2 главных типа, принципиально различающихся друг от друга. Это системы, построенные на основе беспроводных(радио)технологий, и проводные системы.

Проводные системы имеют ряд превосходств. Это наиболее надежное слияние контроллера и исполнителями, практически совершенное неимение помех, как влияющих на систему, так и формируемых самой системой и мешающей иной аппаратуре в доме. Еще такие системы обходятся подешевле, в плане аппаратуры, так как устройства для передачи информации целесообразно передовать по проводам. Они обходятся подешевле, нежели по беспроводным каналам. Однако это привилегия имеет место, лишь когда система «Умного дома» устанавливается в жилище в процессе строительства, заблаговременно запланирована и спроектирована с умом.

Однако если планируется ставить систему уже в построенный дом, в котором уже живут определенное время, то издержки на проведение всех проводов будут большими(при условии что предполагается красивый эстетический вид дома после монтажа, а не висячие на всех стенках провода). То в этом случае хорошим решением будет внедрение беспроводных систем «Умного дома». Будет требоваться лишь установка исполнителей и датчиков на местах, а взаимодействие меж ними и котроллерами будет реализоваться будет радиоканалу.

6.2 Выбор метода определения экономической эффективности

Для обоснования экономичности ценности системы «Умный дом», проведем расчет сравнительной экономической эффективности по методу

минимума приведенных затрат.

Произведенные затраты по каждому возможному варианту представляют собой сумму себестоимости и удельных капитальных вложений, приведенных к годовой размерности в соответствии с нормативным коэффициентом сравнительной эффективности [20]

$$Z_i = C_i + E_H \cdot K_{удi} \rightarrow \text{минимум}, \quad (6.1)$$

где Z_i – произведенные затраты на i -тый вариант;

C_i – годовые затраты -того варианта;

E_H – нормативный коэффициент сравнительной эффективности;

$K_{удi}$ – удельные капитальные вложения i -того варианта.

Возьмем нормативный коэффициент сравнительной эффективности равным 0.2, что соответствует сроку окупаемости 5 лет и является наиболее распространенным в международной практике расчетов по экономическому обоснованию оптимального варианта.

6.3 Расчет себестоимости

Для расчетов примем, что система «Умный дом» устанавливается условно в 3- комнатной квартире площадью 80м². Система будет включать один центральный контроллер, три датчика и пять исполнителей. Главным образом определим себестоимость нашей системы «Умный дом».

Единовременные капитальные вложения определим как цену покупки системы. Цена покупки будет состоять из себестоимости, НДС и прибыли. Себестоимость рассчитаем по следующей формуле:

$$C = \text{ФОТ} + N_c + A + M + \text{Э} + N, \quad (6.2)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (основная и дополнительная заработная плата),

N_c –налог социальный;

A – отчисления амортизационные отчисления;

M – материальные затраты и запасные части;

Э – электроэнергия для производственных нужд;

N – расходы накладные.

Накладные расходы можем принять равными 25 % от всех прочих затрат, то есть рассчитываем по следующей формуле:

$$N = (\text{ФОТ} + N_c + A + M + \text{Э}) \cdot 0.25 \quad (6.3)$$

Фонд оплаты труда представляет собой сумму основной и

дополнительной заработной плат:

$$\Phi OT = 3П_{осн} + 3П_{доп}, \quad (6.4)$$

где $3П_{осн}$ – основная заработная плата;

$3П_{доп}$ –дополнительная заработная плата, рассчитываемая по формуле:

$$3П_{доп} = 3П_{осн} \cdot 0.1, \quad (6.5)$$

и представляет собой добвку премий и различных надбавок, размер которых возьмем как 10 % от основной заработной платы.

Социальный налог берем 11 % от фонда оплаты труда за вычетом пенсионных отчислений:

$$H_c = (\Phi OT - ПО) \cdot 0.11, \quad (6.6)$$

где ПО – пенсионные отчисления, равные 10 % от фонда оплаты труда, тогда формулу 6.6 можно привести к следующему виду:

$$H_c = (\Phi OT - 0.1 \cdot \Phi OT) \cdot 0.11 = 0.099 \cdot \Phi OT. \quad (6.7)$$

При расчете амортизационных отчислений испльзуем линейный способ и будем рассчитать амортизацию на оборудование за время, которое будет необходимо для создания необходимых приложения системы по следующей формуле [21]:

$$A = \frac{H_A \cdot C_{пер} \cdot N}{100 \cdot 12 \cdot n}. \quad (6.8)$$

где H_A норма амортизации для конкретного типа оборудования;

$C_{пер}$ – стоимость оборудования первоначальная;

N – дней на выполнение работ (количество);

n – дней в рабочем месяце (количество).

Затраты на электроэнергию рассчитываем по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = W \cdot T \cdot S, \quad (6.9)$$

где W – потребляемая мощность в ходе работы, кВт;

T – количество часов работы;

S – тариф на электроэнергию согласно региону, кВт/час.

Расчет фонда оплаты труда произведем с определения основной заработной платы рабочих предприятия. При производстве системы будут задействованы рабочие, работающие по сдельной форме оплаты труда, и сотрудники, работающие по повременной форме оплаты труда. Для сотрудников с повременной оплатой труда заработную плату за час определим исходя из месячного оклада и количества рабочих дней в месяце. Для расчетов примем июнь 2016 года, в нем 22 рабочих дня. Сотрудники и их месячная зарплата представлены в таблице 1.

Таблица 6.1 – Сотрудники и их месячные оклады

Сотрудник	Месячный оклад, тыс. тг
Руководитель	180
Программист	140
Проектировщик	140
Разнорабочий	105

Тогда, исходя из данных таблицы 6.1, рассчитаем заработную плату сотрудников за час по следующей формуле:

$$ЗП_{\text{сотр}} = \text{МО} / \text{N} * \text{M}$$

где МО – месячный оклад;

N – количество рабочих дней в месяце (22 рабочих дня);

M – количество рабочих часов в день (8 рабочих часов).

$$ЗП_{\text{рук}} = \frac{180000}{22 * 8} = 1023 \text{ тг} / \text{час},$$

$$ЗП_{\text{прог}} = \frac{140000}{22 * 8} = 795 \text{ тг} / \text{час},$$

$$ЗП_{\text{проект}} = \frac{140000}{22 * 8} = 795 \text{ тг} / \text{час},$$

$$ЗП_{\text{рук}} = \frac{105000}{22 * 8} = 597 \text{ тг} / \text{час}.$$

Теперь найдем сумму оклада сотрудников за создание системы «Умный дом» для 3-комнатной квартиры, которое понадобится 5 рабочих дней. Все расчеты занесем в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Расчет основной заработной платы сотрудников

Наименование содержания работ	Исполнитель	Трудовая емкость, норма-час	Заработная плата за час работы, тг/час	Сумма заработной платы, тг
Надзор работ, контроль над исполнением	Руководитель	40	1023	40920
Корректировка программы под конкретные нужды, программирование устройств	Программист	20	795	15900
Проектирование печатных плат в среде AD	Проектировщик	20	795	15900
Доставка материалов, упаковка продукции, монтаж у потребителя и т.п.	Разнорабочий	40	597	23880
Итого				96600

Так как инженер работает по сдельной форме оплаты труда и он получает заработную плату за пайку. Расчет этой заработной платы представлен в таблице 3. Для сборки системы «Умного дома» на 3-комнатную квартиру с 3 датчиками, 5 исполнителями и 1 контроллером понадобится произвести примерно 300 паек различных элементов системы.

Таблица 6.3 – Расчет основной заработной платы рабочих

Наименование содержания работ	Исполнитель	Трудоемкость, кол-во паек	Заработная плата за одну пайку, тг/пайка	Сумма заработной платы, тг
Пайка схем контроллера, датчиков и	Инженер	300	100	30000

Таким образом, на основную заработную плату сотрудникам и рабочим потребуется:

$$96600 + 30000 = 126600 \text{ тг.}$$

Согласно формуле (6.5) дополнительная заработная плата:

$$ЗП_{\text{доп}} = 126600 \cdot 0.1 = 12660 \text{ тг.}$$

Тогда по формуле (7.4) фонд оплаты труда будет равен:

$$\Phi OT = 126600 + 12660 = 139260 \text{ тг.}$$

Согласно формуле (6.7) социальный налог составит:

$$H_C = 0.099 \cdot 139260 = 13787 \text{ тг.}$$

Для осуществления проекта потребуется оборудование общей стоимостью 187500 тенге. Список используемого оборудования показан в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Используемое оборудование

Оборудование	Первоначальная стоимость, тг	Норма амортизации, %
Компьютер	120000	40
Паяльная станция	30000	25
Программатор	37500	25
Итого	187500	

Согласно формуле (6.8) амортизационные отчисления для каждого оборудования будут составлять:

$$A_{\text{комп}} = \frac{40 \cdot 120000 \cdot 5}{100 \cdot 12 \cdot 22} = 909 \text{ тг.},$$

$$A_{\text{паял.ст}} = \frac{25 \cdot 30000 \cdot 5}{100 \cdot 12 \cdot 22} = 142 \text{ тг.},$$

$$A_{\text{прог}} = \frac{25 \cdot 37500 \cdot 5}{100 \cdot 12 \cdot 22} = 178 \text{ тг.}$$

Тогда общая сумма амортизационных отчислений будет равна:

$$A = A_{\text{комп}} + A_{\text{паял.ст}} + A_{\text{прог}}, \quad (6.11)$$

$$A = 909 + 142 + 178 = 1229 \text{ тг.}$$

Для расчета расходов на электроэнергию воспользуемся тарифом, действующим в городе Алматы – 17.38 тг за кВт/час. У нас будет два главных потребителя электроэнергии – паяльная станция и компьютер, потребляющие соответственно 150 и 120 Вт/час. Также будем учитывать

электрическое освещение – 5 галогеновых источника света по 30 Вт/час каждая. Тогда по формуле (6.9):

$$\mathcal{E}_{\text{комп}} = 0.12 \cdot 40 \cdot 17.38 = 83.4 \text{ тг},$$

$$\mathcal{E}_{\text{паял.ст}} = 0.15 \cdot 20 \cdot 17.38 = 52.1 \text{ тг},$$

$$\mathcal{E}_{\text{осв}} = 0.15 \cdot 40 \cdot 17.38 = 104.3 \text{ тг},$$

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{комп}} + \mathcal{E}_{\text{паял.ст}} + \mathcal{E}_{\text{осв}}, (12)$$

$$\mathcal{E} = 83.4 + 52.1 + 104.3 = 239.8 \text{ тг}.$$

Затраты на материалы рассчитаем по данным таблицы 6.5.

Таблица 6.5 – Расчет затрат на материалы

Материал	Количество, штук	Стоимость за единицу, тг	Сумма за материал
Контроллер Odroid-U3	1	14812.5	14812.5
Исполнители	5	3000	15000
Датчики	3	2200	6600
Припой, ПОС-40	1	1500	1500
Флюс	1	200	200
Платы печатные (на заказ)	9	2100	18900
Радиомодули Xbee, Sparkfun	9	3700	33300
Набор SMD-конденсаторов	1	1000	1000
Набор SMD-резисторов	1	450	450
Набор светодиодов	1	250	250
Преобразователи и стабилизаторы питания	18	400	7200
Корпуса пластиковые (на заказ)	9	500	4500
Итого			103712.5

Накладные расходы по формуле (3) будут равны:

$$H = (139260 + 13787 + 1229 + 103712.5 + 239.8) \cdot 0.25 = 64557 \text{ тг}.$$

Таким образом, по формуле (7.2) себестоимость системы составит:

$$C = 139260 + 13787 + 1229 + 103712.5 + 239.8 + 64557 = 322785.3 \text{ тг.}$$

Сводные результаты расчета себестоимости ее структура представлены в таблице 6.6 и на рисунке 6.1.

Таблица 6.6 – Элементы себестоимости

Статья затрат	Сумма затрат, тг	Удельный вес статьи, %
Фонд оплаты труда	139260	43.14
Социальный налог	13787	4.27
Амортизационные отчисления	1229	0.38
Материалы	103712.5	32.13
Электроэнергия	239.8	0.07
Накладные расходы	64557	20
Итого	322785.3	100

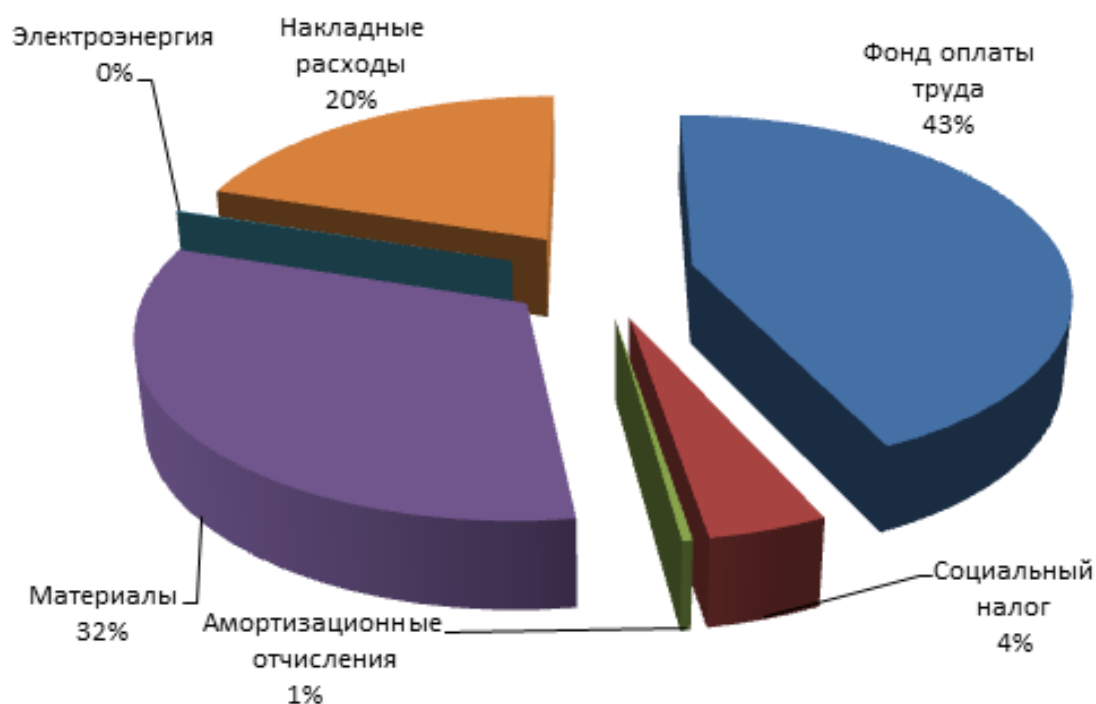


Рисунок 6.1 – Структурная себестоимости системы

6.4 Расчет цены

Для расчета цены воспользуемся следующей формулой:

$$Ц = C * (1 + \frac{P}{100}) \quad (6.13)$$

где P – рентабельность, примем равной 15 %.

Тогда цена будет равна:

$$Ц = 322785,3 * (1 + \frac{15}{100}) = 371203 \text{ тг.}$$

Ставка НДС в Республики Казахстан составляет 12 %, тогда для конечного покупателя стоимость системы с учетом НДС составит:

$$K = Ц * (1 + \frac{НДС}{100}) \quad (6.14)$$

$$K = 371203 * (1 + \frac{12}{100}) = 415747 \text{ тг.}$$

6.5 Оценка экономической эффективности

Ежегодные расходы на обслуживание системы и периодический осмотр на работоспособность будут составлять 20000 тг/год. Таким образом, приведенные затраты на установку системы «Умный дом» по формуле (6.1) будут:

$$З = 20000 + 0.2 \cdot 415747 = 103149.4 \text{ тг.}$$

Для сравнения возьмем предложения фирм, устанавливающих проводные системы «Умного дома». Компания Assyl Group [22] предлагает аналогичный нашей системе проект стоимостью 725200 тенге (с учетом прокладки проводов и скрытия последствий монтажа). Также годовая плата за обслуживание системы у компании составляет 30000 тенге. Приведенные затраты для данной системы будут равны:

$$З_{\text{провод}} = 30000 + 0.2 \cdot 725200 = 175040 \text{ тг.}$$

Результаты произведенных расчетов представлены в таблице 6.7

Таблица 6.7 – Показатели экономической эффективности «Умного дома»

Система	Проводная	Мат платы
Капитальные вложения, тг	725200	415474
Годовые затраты, тг	30000	20000
Приведенные затраты, тг	175040	103149.4

Сумма приведенных затрат на установку системы «Умного дома» на проводной основе составляет 175040 тенге. Сумма приведенных затрат на установку системы «Умного дома» составляет 103149.4 тенге, что на 71890.6 тенге (или на 41 %) меньше проводной системы.

Исходя из вышесказанного, можем сделать вывод, что предлагаемая нами система «Умного дома» является экономически целесообразной, так

как имеет меньшую сумму приведенных затрат (на 41 %) по сравнению с проводной системой.

Вывод

Нами был выполнен расчет сравнительной экономической эффективности покупки производимой системы «Умного дома» по методу минимума приведенных затрат. Мы рассчитали себестоимость системы, цену реализации с учетом рентабельности 15 % и НДС, а также приведенные затраты для конечного пользователя, которые составили 103149.4 тенге. Также определили сумму приведенных затрат для альтернативного варианта системы (проводная система «Умного дома») равные 175040 тенге. Сумма произведенных затрат беспроводной системы оказалась меньше суммы проводной на 71890.5 тенге (41 %), исходя из чего можно рекомендовать к внедрению беспроводную систему как более экономически эффективную.

Заключение

Существует явная очень перспективное будущее для умных домашних услуг. Современные направления развития в смарт-энергии (продиктованы мандатом политики для смарт-счетчиков в сочетании с новыми подключенными устройствами в доме, начиная от приборов для электрических транспортных средств зарядных станций и местного производства) и развлечений (домашний регион сетей). Долгосрочное направление умный дом включает в себя многочисленные соединены устройств - как минимум 30 интеллектуальных датчиков и устройств, по некоторым оценкам, - которые разделяют общую информационную магистраль. Это позволило бы поставку целого ряда дополнительных услуг для удовлетворения потребностей потребителей образа жизни (управление энергопотреблением на дому, позволяет безопасность, помощь жизни и т.д.). Мобильная индустрия играет важную роль в нескольких отношениях. Во-первых, мобильные устройства являются наиболее легко общепринятый подключенных потребительских устройств в мире; большинство потребителей знакомы с мобильными устройствами и их сложными, но интуитивно, функции пользовательского интерфейса. Во-вторых, мобильная индустрия имеет большой опыт в управлении и маскирующие сложность технологии. Многие из новых умных домашних услуг будут зависеть от управляемых сервисных возможностей, охватывающих соединения, целостность данных, удаленного управления устройствами или безопасности. В-третьих, компании в секторе коммунальных услуг захотят сотрудничать с финансово-жизнеспособными коллегами из связи и информационных технологий секторов. Мобильная индустрия не только финансово устойчивым, но она имеет долгосрочную технологию дорожную карту, которая будет учитывать горизонт планирования и будущих потребностей смарт-службы сетки отрасли коммунальных услуг. Для того, чтобы облегчить появление умного дома, поставщики услуг должны решить несколько проблем рынка, такие как необходимость разработки для взаимодействия и рассмотреть, как наилучшим образом интегрировать существующие стандарты из различных приложений доменов. GSMA обозначил стратегию для решения этих проблем и обеспечить столь необходимую рыночную информацию о новых возможностях сервиса, регулирования, зависимости технологий и новых бизнес-моделей. Эти мероприятия будут заложить основу для общего лексикона для умных домашних услуг, которые могут быть использованы мобильными и немобильными организациями в целях содействия общий интерес к развитию интеллектуального рынка домашних услуг.

Список литературы

- 1 Столлингс В. Беспроводные линии связи и сети: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 640 с.
- 2 Вишневский В., Ляхов А., Портной С., Шахнович И. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. - М.: Эко-Трендз, 2005. – 592 с.
- 3 Володина Е.Е., Тихвинский В.О. Управление качеством услуг подвижной связи третьего поколения: Мобильные системы. - 2005.
- 4 Chevallier C. WCDMA (UMTS) Deployment Handbook. Planning and optimization/Christophe Chevallier – John Wiley & Sons LTD, England, 2006 – 390 p. 6. Ю.
- 5 И. Федоров, «Сколько этажей у интеллектуального здания?» - "Бизнес: Организация, Стратегия, Системы", №10 1999 г.
- 6 В. Архипов «Системы для «интеллектуального» здания» - "СтройМаркет", № 45 1999 г.
- 7 Е.А. Тесля. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире / Тесля Е.А. – Санкт Петербург, 2008. – 224с.
- 8 В.Н. Харке «Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве» / Харке В.Н. – М.: Техносфера, 2006. – 292с.
- 9 Т. Р. Элсенпитер, Дж. Велт. «Умный Дом строим сами» / Элсенпитер Т. Р., Велт Дж / КУДИЦ-ОБРАЗ. 2005. – 384с.
- 10 В.Н. Гололобов. «Умный дом» своими руками. / Гололобов В.Н. – М.: НТ Пресс, 2007. – 416 с.
- 11 Романенко И.В. Экономика предприятия. – М.: «Финансы и статистика», 2011. – с. 352.
- 12 Абдимуратов Ж. С., Мананбаева С. Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей.– Алматы: АУЭС, 2013. – с. 20.
- 13 <http://www.altel.kz/about/technologies-wll/>
- 14 <http://www.cdma.ru/technology/standart/3g/>

Приложение А

Расчет прямого канала с помощью программы MathCAD15

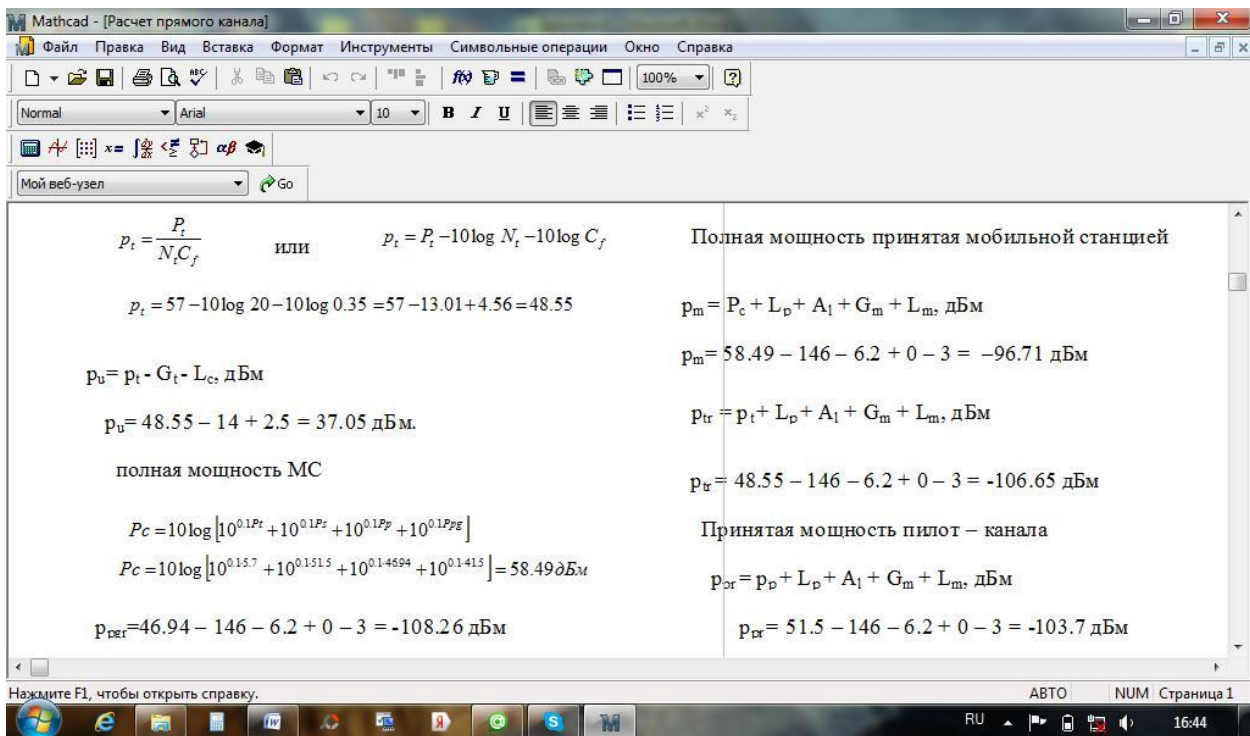


Рисунок А.1 –Окно расчета прямого канала с помощью программы MathCAD15

Продолжение приложения А

Mathcad - [Расчет обратного канала]

Файл Правка Вид Вставка Формат Инструменты Символьные операции Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой веб-узел Go

<p>плотность интерференции для поискового канала</p> $I_{pg} = 10 \log [10^{0.1(-157.92)} + 10^{0.1(-160.61)}] = -156.05 \text{ дБм} / \Gamma_{\text{ц}}$ <p>Плотность интерференции для канала синхронизации</p> $I_s = 10 \log [10^{0.1 I_{ss}} + 10^{0.1 I_{st}}]$ $I_s = 10 \log [10^{0.1(-157.69)} + 10^{0.1(-160.33)}] = -155.582 \text{ дБм} / \Gamma_{\text{ц}}$ $\frac{E_b}{N_0 + I_t} = P_{cu} - 10 \log b_{rr} - 10 \log [10^{0.1 I_{ss}} + 10^{0.1 I_{st}}]$ $\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -120.7 - 10 \log(9600) - 10 \log [10^{0.1(-168.8)} + 10^{0.1(-168.98)}] = 5.35 \text{ дБ}$	<p>Отношение сигнал/шум + интерференция в пилот - канале</p> $\frac{E_b}{N_0 + I_t} = P_{pr} - 10 \log B_w - 10 \log [10^{0.1 I_{ss}} + 10^{0.1 I_{st}}]$ $\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -103.7 - 60.69 - 10 \log [10^{0.1(-155.73)} + 10^{0.1(-165.98)}] = -164.39 + 155.34 = -9.05 \text{ дБ}$ <p>Отношение сигнал/шум + интерференция в поисковом канале</p> $\frac{E_b}{N_0 + I_t} = P_{pg} - 10 \log b_{rpg} - 10 \log [10^{0.1 I_{ss}} + 10^{0.1 I_{st}}]$ $\frac{E_b}{N_0 + I_t} = -108.26 - 10 \log(9600) - 10 \log [10^{0.1(-156.05)} + 10^{0.1(-165.98)}] = 7.54 \text{ дБ}$
--	--

Нажмите F1, чтобы открыть справку.

ABTO NUM Страница 1

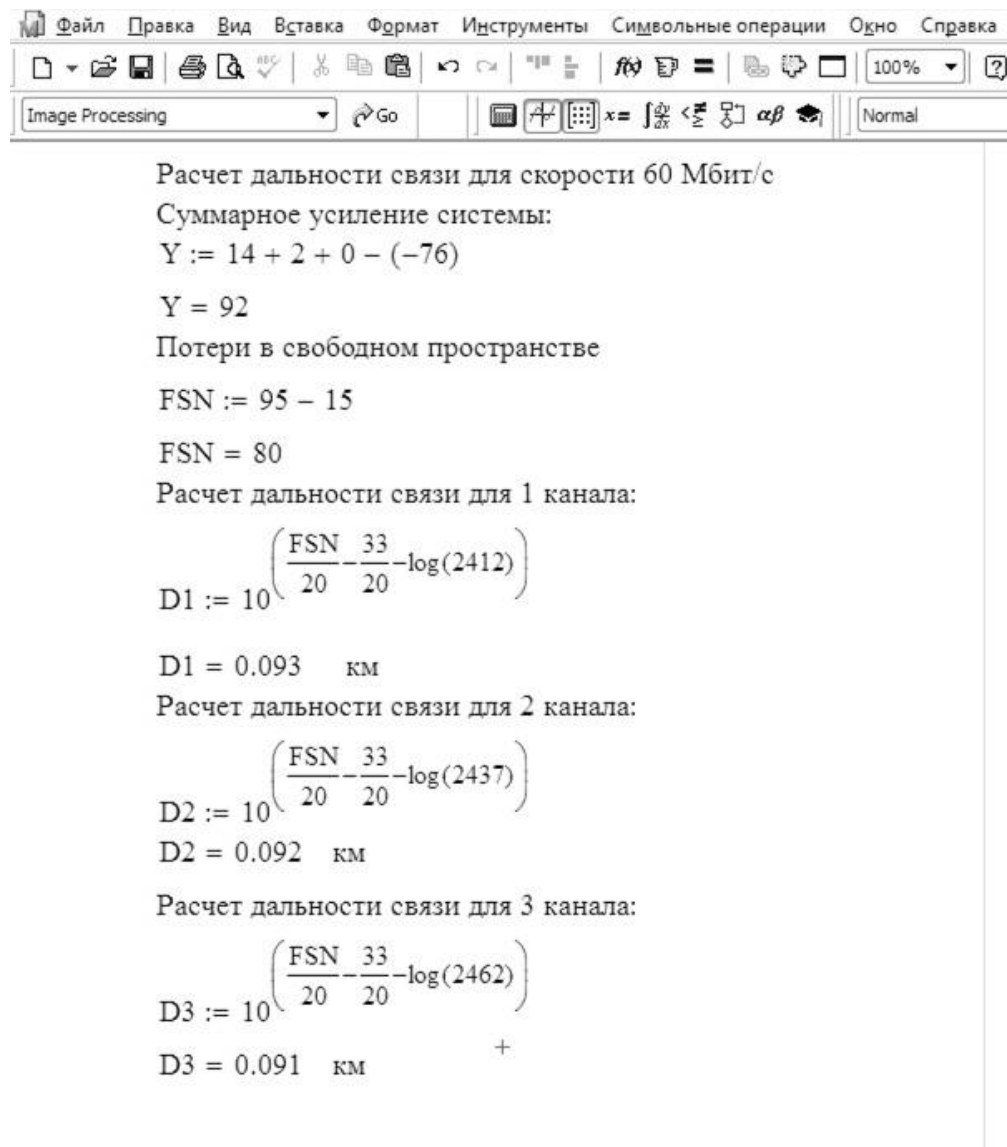
RU 16:45

Рисунок А.2 – Расчет обратного канала с помощью программы

MathCAD 15

Приложение Б

Расчеты дальности связи, производимые в программе MathCAD 15



The screenshot displays the MathCAD 15 software interface. The menu bar at the top includes: Файл, Правка, Вид, Вставка, Формат, Инструменты, Символьные операции, Окно, Справка. The toolbar contains various icons for file operations, editing, and mathematical functions. Below the toolbar, a dropdown menu is set to 'Image Processing', and a 'Go' button is visible. The main workspace contains the following text and formulas:

Расчет дальности связи для скорости 60 Мбит/с
Суммарное усиление системы:
 $Y := 14 + 2 + 0 - (-76)$
 $Y = 92$
Потери в свободном пространстве
 $FSN := 95 - 15$
 $FSN = 80$
Расчет дальности связи для 1 канала:
$$D1 := 10^{\left(\frac{FSN}{20} - \frac{33}{20} - \log(2412)\right)}$$

 $D1 = 0.093 \quad \text{км}$
Расчет дальности связи для 2 канала:
$$D2 := 10^{\left(\frac{FSN}{20} - \frac{33}{20} - \log(2437)\right)}$$

 $D2 = 0.092 \quad \text{км}$
Расчет дальности связи для 3 канала:
$$D3 := 10^{\left(\frac{FSN}{20} - \frac{33}{20} - \log(2462)\right)}$$

 $D3 = 0.091 \quad \text{км} \quad +$

Рисунок Б1 - Расчет дальности связи для скорости 60 Мбит/с в программе MathCAD 15