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.)

_____ «____» _____201__ г.

(подпись)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

На тему: Разработка системы связи на базе технологии LTE в г. Арал, Кызылординской области

Специальность_____

Выполнил (а) Медетбаев Алибек Б. Группа МТС 12-6

(Ф.И.О.)

Научный руководитель к.ф.-м.н. доцент Федулина И.Н.

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «14» 06 2016 г.

(подпись)

Консультанты:

по экономической части:

доцент Боканова Г.Н.

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «31» 05 2016 г.

(подпись)

по безопасности жизнедеятельности:

ст. пр. Бегимбетова А.С.

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «30» мая 2016 г.

(подпись)

по применению вычислительной техники:

к.т.н., ст. Сафрешова Ю.И

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «08» июня 2016 г.

(подпись)

Нормоконтролер: ст. пр. Дамирова Г.Д.

(ученая степень, звание, Ф.И.О.)

_____ «13» июня 2016 г.

(подпись)

Рецензент: Вице-пред. АО ПЕК Бетелеком Ефимов Н.Н.

(ученая степень, звание,Ф.И.О.)

_____ «14» июня 2016 г.

(подпись)

Алматы 201__ г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество

«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет Радиотехники и связи

Кафедра Телекоммуникационные системы

Специальность 5В0719 Радиотехника, электроника и телекоммуникации

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студенту Медеубаеву Аимбеку Бериковичу
(Ф.И.О.)

Тема проекта Разработка системы связи на базе технологии LTE в г. Арал Кызылординской области

Утверждена приказом по университету № 148 от «19» октября 2015 г.

Срок сдачи законченного проекта « ___ » _____ 201___ г.

Исходные данные к проекту (требуемые параметры результатов исследования (проектирования) и исходные данные объекта: Населенный пункт - город Арал Кызылординская область
Численность населения г. Арал составляет 31027
частотный диапазон: 690 - 2690
Единственный доступ в нисходящем канале - OFDM
В восходящем канале - SC - OFDMA, модуляция QAMCH

Перечень вопросов, подлежащих разработке дипломном проекте, или краткое содержание дипломного проекта: Изучение технологии LTE.
Расчет основных параметров - дальность связи, радиус зоны охвата обслуживания, необходимое количество базовых станций, расчет пропускной способности, расчет необходимой мощности, расчет мощности принимаемого сигнала, расчет мощности полезного сигнала, расчет системы произ-водственного освещения и расчет параметров для обеспечения нормального функционирования системы молниеотводов, расчет экономической эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Взаимодействие сети радиодоступа E-UTRAN и базовой сети SAE, протокол интерфейса S1 сети LTE, соединение последовательно X2 интерфейса, практическое решение расположения BBU и RRU компании Huawei, эталонная архитектура базовой сети SAE, частотно-временное представление OFDM сигнала при ширине спектра 5 МГц, принцип формирования OFDM-сигнала, использование преобразования IFFT при формировании OFDM-сигнала, схема передающего устройства при множественном доступе SC-FDMA, схема формирования подмножеств OFDM-сигналов, связь транспортных и физических каналов и линий, вид базовой станции Alcatel Lucent 7700, аппаратура оконечника БС, Optini Stack LS 8224 - Fast Ethernet L2 + коммутатор, маршрутизатор Alcatel Lucent 7750 SR, секторная антенна фирмы Huawei, распределение фидера на БС AL, USB модем ZTE MF 823, принцип расчета MIMO, зависимость допустимой нагрузки всего от числа каналов трафика и вероятности блокировки

Основная рекомендуемая литература: Гитвитский В.О., Терентьев С.В., Юргин А.Б. Сети мобильной связи LTE. Технологии и архитектура, 2010. Варушина Л.И. Производительность сети TD-LTE в сравнении с WiMAX. М.: Горячая линия, 2010, Гельгор А.Л., Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб. пособие, С.-Петербург: Политехн. ун-та, 2014-204с. Бобков В.Ю. Обзор подходов к задачам планирования и оптимизации 2G-4G сетей подвижной связи, С-П, 2011, Волков А.Н., Рамилов А.Е., Сиверс М.А. UMTS. Стандарт сотовой связи третьего поколения - С.-Петербург: „Линк", 2006-224с. Канимжонов Т.Е. Сборник задач по охране труда и безопасности жизнедеятельности. - Алматы: Эверо 2007

Консультации по проекту с указанием относящихся к ним разделов проекта

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
БЖСД	Бегимбетова А.С.	01.04-30.05.16г.	
Бизнес-план	Боканова Т.Ш.	01.04-31.05.16	
Эк. тех.	Бергенова Ю.В.	01.04-08.06.16	
Технич. часть	Федулина С.Н.	14.06.16	

График
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Общая структура сети LTE	30.11.15	
E-UTRAN	02.12.15	
Архитектура SAE	02.02.16	
Радиоинтерфейс и частотный спектр сети LTE	22.02.16	
Выбор оборудования для построения сети LTE	16.03.16	
БС Alcatel-Lucent 700	11.04.16	
Расчетная часть	16.04.16	
Расчет пропускной способности сети	18.04.16	
Расчет количество потенциальных абонентов	11.05.16	
Расчет количества БС	11.05.16	
Расчет мощности принимаемого сигнала	17.05.16	
Бизнес-план	18.04.16	
Резюме	18.04.16	
Капитальные вложения	20.04.16	
Доходы предприятия	22.04.16	
Эксплуатационные расходы	22.04.16	
Расчет показателей экономической эффективности	25.04.16	
Между расчетно обоснованной величины	27.04.16	
Безопасность жизнедеятельности	12.05.16	
Анализ условий труда	14.05.16	
Анализ источников воспламенения пожара на рабочем месте	16.05.16	
Расчет естественного освещения	18.05.16	
Расчет параметров для обеспечения нормальных функционирования сильного пожарного	18.05.16	

Дата выдачи задания «____»_____201___ г.

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

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

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

Аннотация

В данном дипломном проекте рассмотрен вариант организации сети беспроводного доступа к сети Интернет в городе Арал, с применением технологии LTE. Произведен выбор и анализ необходимого оборудования.

Произведены расчеты зоны покрытия базовых станций, количество базовых станций, пропускной способности сети, максимальная нагрузка на проектируемую сеть, ёмкость сети и мощность принимаемого сигнала.

В разделе технико-экономическое обоснование организации сети проведен расчет капитальных вложений, эксплуатационных расходов и определен срок окупаемости с учетом дисконтирования.

Annotation

In this thesis-project is considered, the organization of wireless access to the Internet in the town of Aral, using LTE technology. The selection and analysis of the necessary equipment.

Estimated coverage base stations, the number of base stations,network bandwidth, the maximum load on the projected network, network capacity and power of the received signal.

Under the feasibility study of organization of the network calculation of capital investments, operating costs and defined the payback period discounted.

Аңдатпа

Бұл дипломдық жобада Арал қаласындағы желісіз LTE технологиясын қолдану арқылы ғаламторға қол жеткізу мүмкіндіктерінің нұсқалары қаралды. Қажетті қондырғылар мен сараптамаларда таңдау жүргізілді.

Негізгі станциялардың қамту аймақтарының, базалық станция санын, желінің өткізу қабілеттілігі, ең көп жүктеменің байланыс жобасының, байланыс сыйымдылығыжәне қабылданатын дабыл куаттарының параметрлерінің өлшеулері жүргізіліді.

Техника-экономикалық бөлімінде күрделі жұмсалым қисынының және қанаушылық шығынының есебі жүргізілді.

Содержание

Введение 8
1 Теоретическая часть 10
1.1 Общая структура сети LTE 10
1.2 E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network) 13
1.3 Архитектура SAE 15
1.4 Радиоинтерфейс и частотный спектр сети LTE 17
2 Выбор оборудования для построения сети LTE 22
2.1 Разработка задания для изучения возможности строительства сети LTE 22
2.2 LTE Alcatel-Lucent 700 базовая станция 22
2.3 Коммутатор OmniStackLS 6224 25
2.4 Маршрутизатор Alcatel-Lucent 7750 SR 26
2.5 Секторная антенна компании Huawei 27
2.6 Устройство между БС и радиорелейных линий связи 29
2.7 Абонентская станция 30
3Расчетная часть 31
3.1 Анализ технологии LTE 31
3.2 Расчет охвататерриториидля сети LTE в окрестности города Арал 31
3.3Частотно-территориальное деление и ситуационное расположениеeNB на территории города Арал 35
3.4 Расчет пропускной способности сети 36
3.5 Расчет количества потенциальных абонентов 38
3.6 Расчет количества базовых станций (Node B) 39
3.7 Расчет необходимой мощности 41
3.8 Расчет мощности принимаемого сигнала 42
3.9 Задержка появившаяся в результате распространения излучения 43
3.10 Расчет мощности полезного сигнала 44
4 Бизнес-план 45
4.1 Резюме 45
4.2 Компания и отрасль 46
4.3Спектр услуг, предоставляемых сетями LTE 46
4.4Анализ рынка сбыта 47
4.5 Менеджмент 47
4.6Стратегия маркетинга 48
4.7Капитальные вложения 48
4.8Доходы предприятия 49
4.9 Эксплуатационные расходы 52
4.10Расчет показателей экономической эффективности 56
4.11 Метод расчета абсолютной величины чистого дохода NPV 57
4.12Вывод по экономическому расчету 59
5 Безопасность жизнедеятельности 60
5.1 Анализ условий труда в промышленных помещениях 60

5.1.1 Общая характеристика базовой станции 60
5.1.2Требования к проводимости защитного заземления 62
5.1.3Анализ источников возникновения пожара и эффективный выбор противопожарной техники 62
5.1.4 Параметры естественного освещения на рабочем месте 64
5.1.5 Вентиляция 64
5.2 Расчетный раздел 65
5.2.1Расчет заземления 65
5.2.2 Расчет параметров для обеспечения нормального функционирования системы автоматического пожаротушения 69
Заключение 71
Список сокращений 72
Список литературы 73
Приложение А Расчеты в программе «Mathcad 14» 75
Приложение Б Расчеты в программе «Mathcad 14» 76
Приложение В Карта расположения проектируемых базовых станций сети LTE в городе Арал 77
Приложение Г Блок схема мощности принимаемого сигнала 78
Приложение Д Расчеты в программе Delphy 79

Введение

На сегодняшний день телекоммуникационные услуги, которые предоставляют нам операторы сотовых услуг играют огромную роль в жизни каждого человека. С развитием мобильной связи интерес людей к сети Интернет с каждым годом растет и является не просто источником информации, но и помощником для работы, учебы, развлечения. Стремление человека быть в курсе всего и обмениваться информацией, экономя, при этом время привело к конкурентной борьбе мобильных компаний за количество абонентов. Сегодня, количество интернет-пользователей по всему миру составило почти 4 млрд человек, а население всего мира составляет 7,3млрд человек. В том числе 10 008 838 казахстанцев потребляют Интернет.

Обширность территории Казахстана отягощает легкий доступ пользователей к сети Интернет. С появлением стандартов EDGE и GSM мобильный доступ стал возможным, но не полноценным, так как длина волн сигналов, диапазон которых 1920-2100 МГц является небольшой, да и к тому же становится причиной строительства большого числа станций, что экономически невыгодно для сотовых компаний.

Поэтому для улучшения качество обслуживания всех абонентов был введен высокоскоросной доступ в глобальную сеть Интернет, являющимся наиболее оптимальным стандартом 4G-это LTE.

Многие операторы заявили о развертывании сетей следующего поколения 4G, которые будут основываться на технологии LTE для сети радиодоступа, у которого главным различием стандарта LTE от иных технологий мобильной связи считается полное построение сети на основе IP.

Актуальность в работе проявляется ростом спроса на новшества мобильной промышленности, что в данный момент удовлетворяют нынешние сети LTE со своей пиковойскоростью передачи информации до 100-150 Мбит/с.

Ценным преимуществом технологий 4G в целом, и LTE — в частности, является так называемый «открытый» интернет доступ.Это означает, что абонент сети мобильной связи может выходить в интернет с помощью наиболее удобного для него в данный момент устройства — мобильного телефона, КПК, смартфона, ноутбука, имеющих наиболее подходящие для текущего обмена информацией характеристики (размер экрана, объем памяти и т.д.)

В дипломной работе объектом, для которого предполагается планировать сеть LTE, был задан город Арал. Идеей данной дипломной работы является разработка проекта обеспечение города Арал надёжным радиопокрытием сети LTE и оказание населению и гостям города высококачественного беспроводного доступа к сети Интернет. В дипломной работе будет применён подход по принципу формирования максимальной возможной территории обслуживания и одновременно обеспечение необходимой расчетной ёмкости сети.

Таким образом, цель работы – исследование возможности и способов проектирование беспроводного доступа к сети Интернет в городе Арал с применением технологии LTE.

1 Теоретическая часть

1.1 Общая структура сети LTE

Создание конкурентной технологии построения сетей мобильной связи на основе сети мобильной связи WIMAX (стандарт IEEE 802.16e) активизировало усилия участников проекта 3GPP по разработке на основе технологии OFDM эволюционного варианта сети UMTS, названного LTE.

Сеть LTE состоит из двух важнейших компонентов: сети радиодоступа E-UTRAN и базовой сети SAE (System Architecture Evolution) (рис. 3.1)

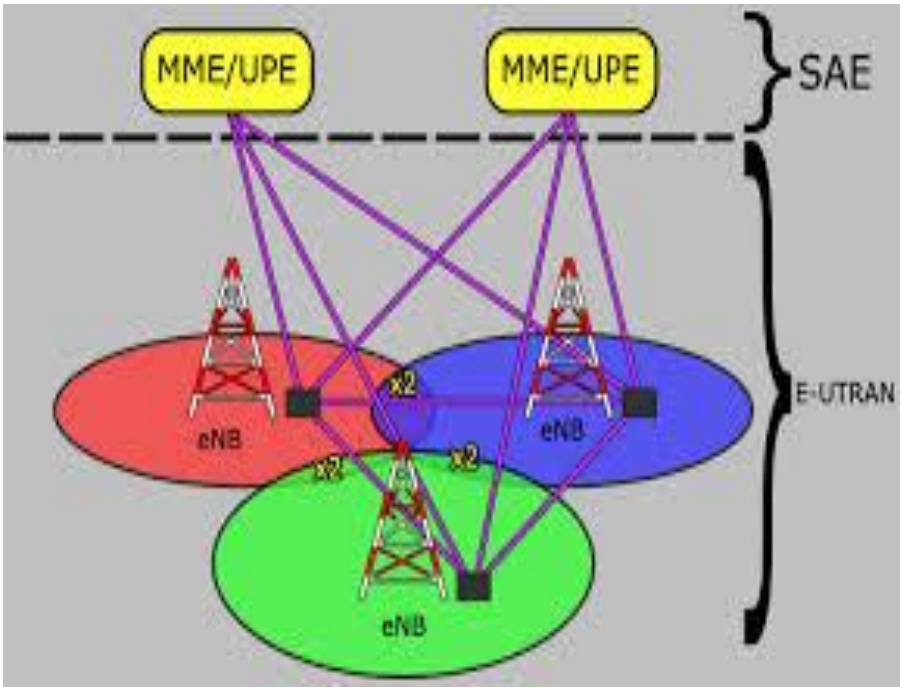


Рисунок-1.1 Взаимодействие сети радиодоступа E-UTRAN и базовой сети SAE

Основными требованиями проекта 3GPP к сети SAE были: максимально возможное упрощение структуры сети и исключение дублирующих функций сетевых протоколов, характерных для системы UMTS.

Сеть радиодоступа E-UTRAN рассмотрена в ряде технических спецификаций, согласно которым она состоит только из базовых станций eNB (evolved NodeB). Базовые станции eNB являются элементами полносвязной сети E-UTRAN и соединены между собой по принципу «каждый с каждым» при помощи интерфейса X2. Интерфейс X2 поддерживает хэндовер мобильного терминала с состоянии LTE_ACTIVE. Каждая базовая станция имеет интерфейс S1c базовой сетью SAE, построенной по принципу коммутации пакетов.

Базовая сеть SAE, иногда называемая сетьюEPC(Evolved Pacet Care), содержит узлы MME/UPE, состоящие из логических элементов MME иUPE.

Логический элемент MME (Mobility Management Entily) отвечает за решения задач управления мабильностью абоненского терминала и взаимодействует с базовыми станциями eNB сети E-UTRAN с помощью протоколов плоскости управления C-plane (интерфейс S1-C). Логический элемент UPE (User Plane Entily) отвечает за передачу данных пользователей согласно протоколам плоскости пользователя U-planeи взаимодействует с eNB посредством интерфейса S1-U.

Благодоря интерфейсу S1 базовые станции соединены с несколькими узлами MME/UPE, что позволяет более гибко использовать сетевой ресурс. Такой интерфейс называют S1-flex.

Сеть LTEимеет следующие функциональные отличия от сети UMTS.

1. Базовые станции eNB выполняют функции управления радиоресерсами (Radio Resource Management – RRM): управление радиоканалами (Radio Bearer Control), управление доступом (Radio Admission Control), управление мобильностью (Connection Mobility Control), динамическое распределиениие ресурсов (Dynamic Resource Allocation). Таким образом? Сети радиодоступа E-UTRAN базовые станцииеNB управляют протоколами радиоинтерфейса, комбинируя выполнении функций базовых станций NodeB и большинство функций контроллера RNC сети UMTS;

2. Сетевой элемент управления мобильностью MME отвечает за распределение сообщений вызова (raging) к базовым станциям eNB. Кроме того, MME управляет протоколами плоскости управлени: назначения идентификаторов абонентских терминалов, обеспечение безопасности сети, проверка подлинности сообщений абонентов и управления роумингом;

3. Сетевой элемент плоскости пользователя UPE выполняет сжатие заголовок IP-протоколов, шифрование потоков данных, терминацию пакетодвнных плоскости пользователя, коммутацию пакетов данных при обеспечении мобильности пользователя. Кроме того, UPE управляет протоколами пользовательского уровня, например, хранением текущего статуса абонентского терминала(AT), прерыванием состояния LET_IDLEна уровне абонентских терминалов.

Основные протоколы интерфейса S1 плоскости C-plane иU-plane сети LTEпредставлены на рисунке 1.2

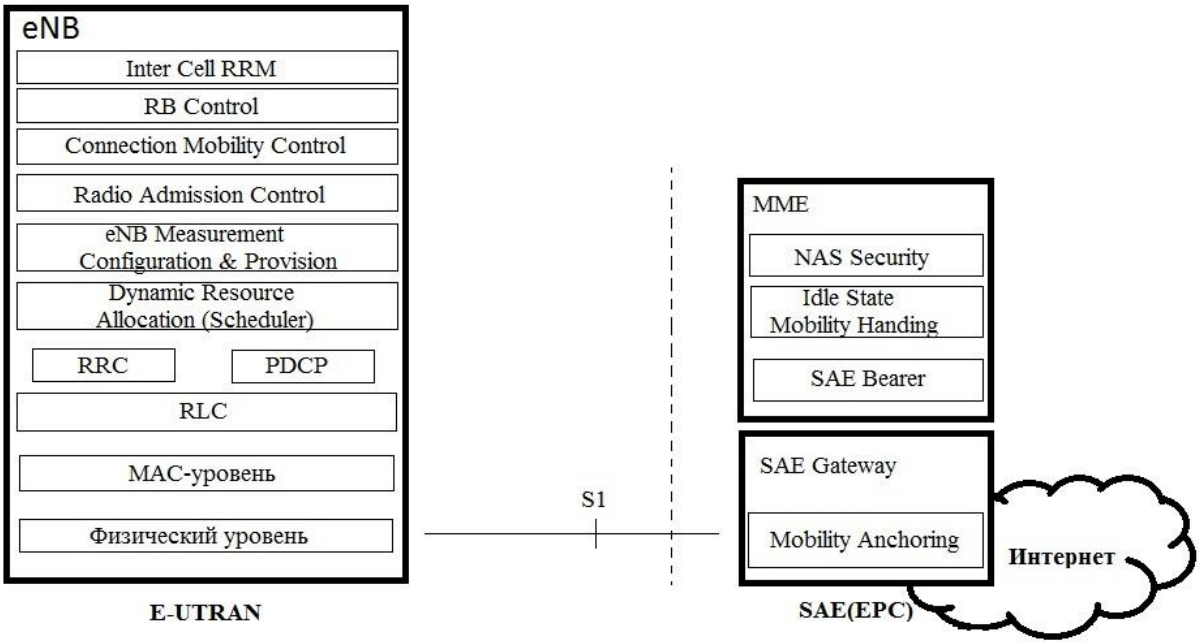


Рисунок 1.2 - Протоколы интерфейса S1 сетиLTE

Одной из важнейших задач управления сети LTE является максимально эффективное использование радиоресурсов. Данная задача решается с помощью совокупности функций управления радиоресурсами RRM(управление радиоресурсами сети E-UTRAN, управление службой передачи данных в радиоканале, управление мобильностью, управление доступом, динамическое распределение ресурсов) и с помощью протокола управление радиоресурсами RRC. Требования к функциям управлению радиоресурсами приведены в TR 25.913.

Управление радиоресурсами сети E-UTRAN(Inter Cell RRm) обеспечивает управление ресурсами группы сот в целях повышение эффективности использования частотного спектра и минимизации помехового взаимного влияния абонентских терминалов и базовой станций, а также поддержку мобильности.

Управелние службой передачи данных в радиоканале (RB Control) реализовано в базовых станциях eNB сети E-UTRAN и обеспечивает установление, поддержание и освобождение радиоконалов передачи данных с заданными параметрами в сети E-UTRAN. Основными задачами являются контроль и управление всеми активными сессиями передачи данных с учетом параметров качества услуг (QoS), выделение ресурсов для вновь активируемых сессий.

Поддержку мобильности абонентского терминала в сети SAEобеспечивает логический элемент MME. Основными функциями MME является:

- управление мобильностью абонентского терминала, находящегося в состоянии RRC_IDLE (IdleState Mobility Handling);

- управление безопасностью мобильной связи (NASSecurity) в соответствии с протоколами,относящимся к группе протоколов «уровня без доступа» и обеспечивающими, например, аутентификацию пользователей, управление ключами шифрования данных;

- управление службой передачи данных сети SAE (SAE Bearer Control).

Параметры функции управление радиоресурсами сети E-UTRAN (Inter Cell RRM), управление службой передачи данных в радиоканале (RB Control) и управление мабьльностью (ConnectionMobilityControl) могут быть, кастомизированы в соответствии с требованиеями оператора[1].

1.2 E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)

Базовая станция eNodeB является ключевым компонентом E-UTRAN. Она отправляет и принимает данные от/к мобильному терминалу и предоставляет соединение с сетью посредством Gigabit Ethernet. В отличие от архитектуры UTRAN сети UMTS 3G, архитектура E-UTRAN упрощенная, так как БС сочетает в себе функции как самой БС, так и контроллера.

Если раньше структура сетей была усложненной, вследствие своей иерархичной топологии: станции распределялись древовидно, какие-то являлись при этом узловыми или оконечными, то сейчас станции располагаются на одном уровне, связываясь еще между собой посредством X2 интерфейса для обеспечения хэндовера, поэтому сеть становится более надежной (выход из строя одной БС не влечет за собой падение остальных станций, подключенных к ней). На рисунке 1.5 показано соединение X2 интерфейса [2].

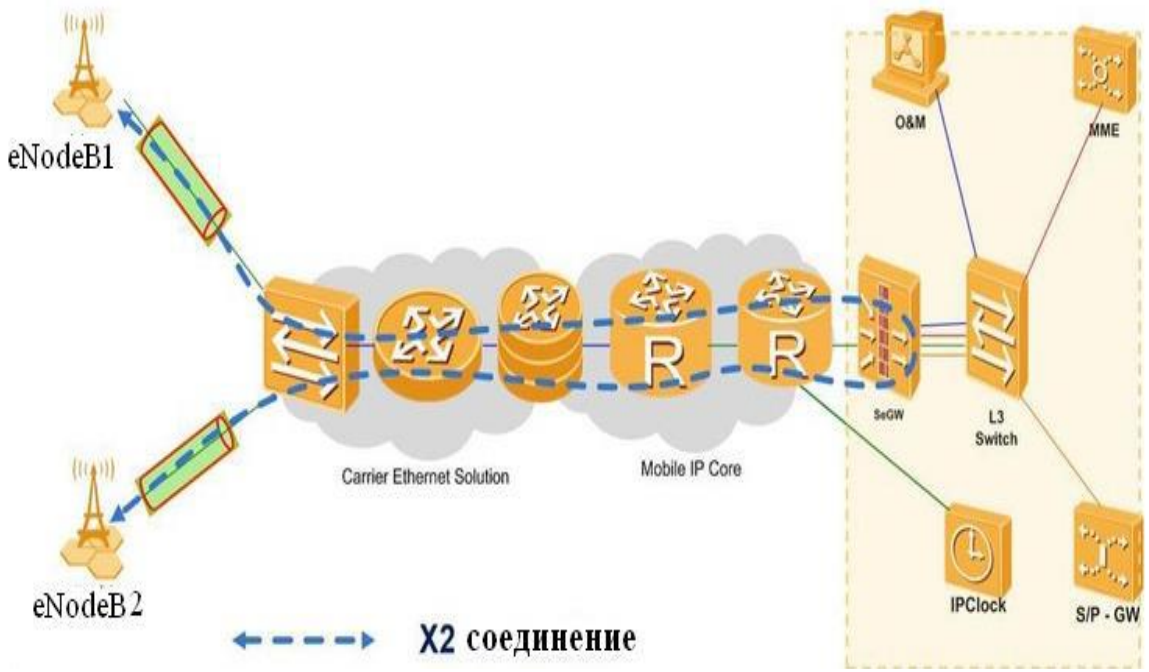


Рисунок 1.3- Соединение посредством X2 интерфейса

Таблица 1.1- Интерфейсы сети E-UTRAN

Интерфейс	Направление	Применение
S1-U	К SGW	Передача сигнальных и трафиковых каналов
S1-MME	К MME	Передача каналов управления
X2	К остальным eNodeB	Передача сигнальных и трафиковых каналов во время перехода

Базовые станции выполняют следующие основные функции:

- управление радиоресурсами: распределение радиоканалов, динамическое распределение ресурсов в восходящих и нисходящих направлениях — так называемая диспетчеризация ресурсов (scheduling) и др.;
- сжатие заголовков IP-пакетов, шифрование потока пользовательских данных;
- выбор блока управления мобильностью при включении в сеть пользовательского терминала при отсутствии у того информации о прошлом подключении;
- маршрутизация в пользовательской плоскости пакетов данных по направлению к обслуживающему шлюзу;
- диспетчеризация и передача вызывной и вещательной информации, полученной от блока управления мобильностью (БУМ);
- диспетчеризация и передача сообщений PWS (PublicWarningSystem, система тревожного оповещения), полученных от БУМ;
- измерение и составление соответствующих отчётов для управления мобильностью и диспетчеризации.

Выбор обслуживающей eNB осуществляется мобильным терминалом на основе собственных измерений в состоянии RRC_CONNECTED и сравнения полученных измерений с установленными пороговыми значениями. Хэндовер реализован на основе анализа измерений как мобильного терминала, так и сот, политикой оператора по регулированию трафика[2].

eNodeB состоят из следующих компонентов:

а) антенны;

б) внешний модуль (RRU module). Монтируются вблизи антенны (для уменьшения потерь в ВЧ-фидере), к BBU подключаются по оптике (стандарт CPRI):

1) для передачи радио сигналов от/к антенн;

2) для передачи цифровых сигналов от/к BBU;

3) включает усилитель мощности, дуплексер и приемник;

в) BBU - блок цифровой обработки сигнала, мозг eNodeB, организует соединение с сетью:

1) передает и принимает сигнал от/к RRU посредством CPRI по оптоволокну;

2) инжектирует IP заголовок;

3) выбирает MME (коммутирует и маршрутизирует данные);

4) включает тактовую синхронизацию;

5) O&M управление (мониторинг БС, датчики питания, двери, пожара и т.д).

Секторы соединяются с RRU коаксиальными кабелями, так называемые джамперы (рисунок 1.6). Блоки RRU размещаются на верху мачты, рядом с секторами. Это очень удобно, т.к. раньше на старых БС, передатчики располагались в контейнере на земле, а до секторов прокладывались коаксиальные кабели большого сечения, что нежелательно. Блоки RRU соединяются с BBU оптическим кабелем. BBU размещается на земле в контейнере и на участке BBU-RRU потери сводятся к нулю, т.к. соединяются по оптике. BBU соединяется с любым транспортным оборудованием (мультиплексор, радиорелейная линия) и далее до контроллера базовых станции BSC (через E1 по ATM или по IP).

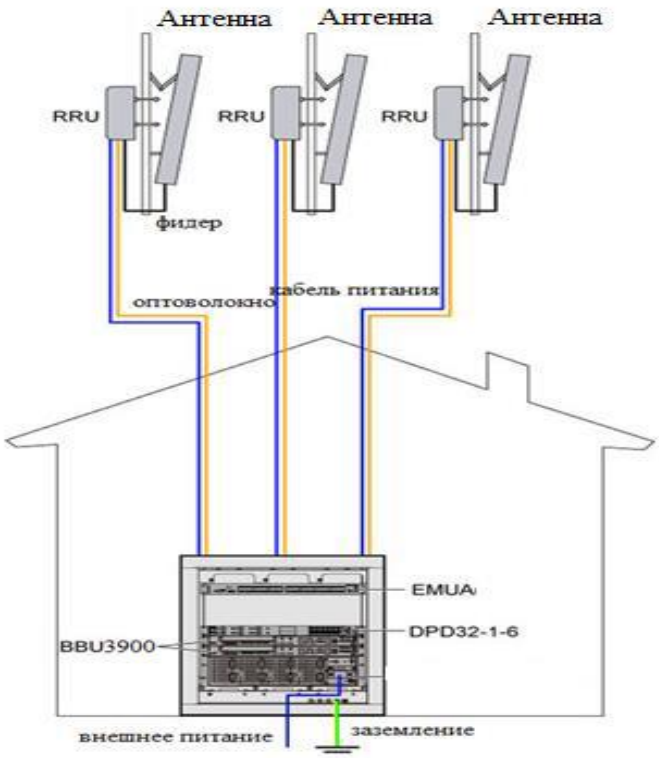


Рисунок 1.4 – Практическое решение расположения BBU и RRU компании Huawei

1.3 Архитектура SAE

Архитектура базовой сети SAE позволяет осуществлять дальнейшую эволюцию сетей 3G в направлении получения более высоких скоростей передачи данных, обеспечения низких задержек, а также оптимизации передачи данных на основе разнообразных технологий радиодоступа. Основным отличием базовой сети SAE от базовой сети системы UMTS является максимально упрощенная структура и отсутствие дублирующих функций сетевых протоколов.

Архитектура базовой сети SAE представляет собой PS-домен системы LTE, который предоставляет как голосовые услуги, так и всю совокупность IP-услуг на основе технологий пакетной коммутации данных. Первая версия архитектуры сети SAE представлена на технической спецификации 3GPPTS 22.978 «Эволюция архитектуры системы». В основу построения сети базовой сети SAE положена концепция «все через IP» (all-IP или AIPN-Allover IP Network) и то обстоятельство, что доступ к базовой сети SAE может осуществляться как через сети радиодоступа второго и третьего поколений (например, сети UTRAN, GERAN), так и через сети радиодоступа неевропейских технологий, не стандартизированные проектом 3GPP (сети не-3GPP), например, сети IEEE: Wi-Fi, WiMAX, а также через сети, использующие проводные IP-технологии(например, сети ADSL+, FTTH и др.).

Эталонная архитектура базовой сети SAE с указанием интерфейсов взаимодействия с внешними сетями показана на рис. 1.1.

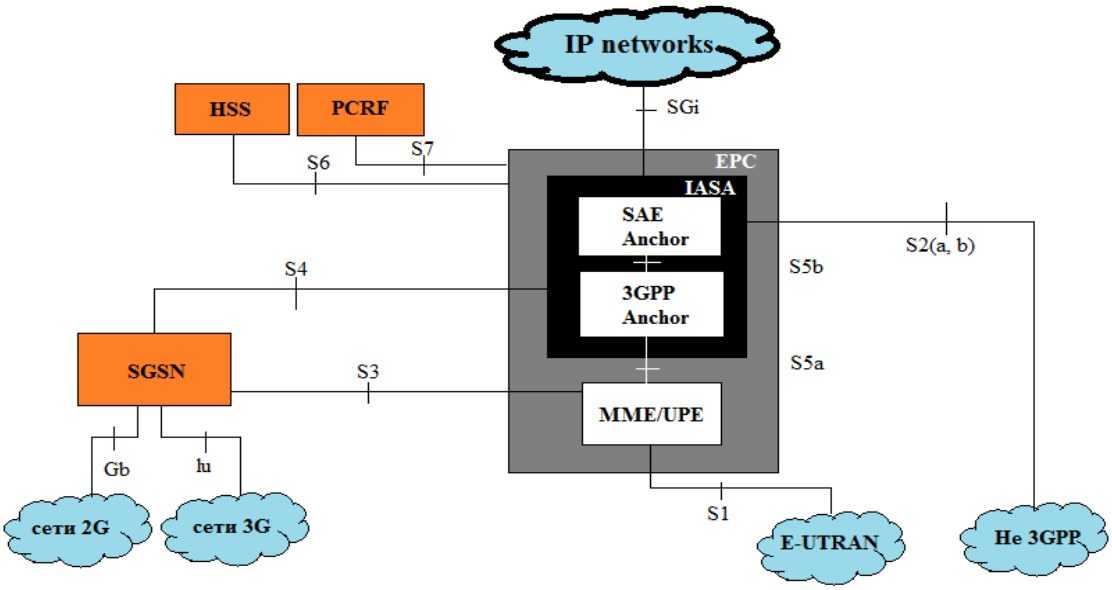


Рисунок 1.5- Эталонная архитектура базовой сети SAE

Согласно этой архитектуре функции протоколов плоскости управления узла SGSN сети UMTS становятся функциями элемента управления мобильностью MME. Функции контроллера RNC, которые не выполняет базовая станция eNB сети E-UTRAN, и функции протоколов плоскости пользователя узлов SGSN и GGSN реализуются модулем UPE и шлюзовым узлом привязки 3GPP Anchor сети SAE. Этот узел предназначен для присоединения сетей 2G/3G к сети LTE. В состав SAE входит также шлюзовый узел привязки SAE Anchor, который служит для присоединения к сети SAE сетей стандартов 3GPP (GSM/UMTS) и стандартов не-3GPP (Wi-Fi и WiMAX). Узлы привязки 3GPP Anchor и SAE Anchor образуют единый узел

привязки IASA(Inter Access System Anchor) для присоединения внешних IP-сетей.

Основным компонентом архитектуры SAE является EvolvedPacketCore (EPC).

EPC состоит из следующих элементов:

а) Mobility Management Entity (MME) – узел управления мобильностью сети сотовой связи стандарта LTE. Предназначен для обработки сигнализации, преимущественно связанной с управлением мобильностью абонентов в сети.

б) aGW (access Gateway):

1) SGW (Serving Gateway) маршрутизирует и посылает пакеты данных клиента и служит как посредник для хэндоверов LTE и inter-RAT (с другими сетями);

2) PGW (Packet Data Network Gateway) предоставляет соединение MT к внешним пакетным сетям, служит посредником для не-3GPP сетей;

в) PCRF (Policy and Charging Rules Function);

г) HSS (Home Subscriber Server).

1.4 Радиоинтерфейс и частотный спектр сети LTE

Особенностью радиоинтерфейса в линии «вниз» сети LTE является использование технологии множественного доступа Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA). Интервал времени передачи (TTI) в линии «вниз» соответствует длительности подкадра и равен 0.5 мс. В линии «вниз» поддерживаются следующие виды модуляции: Qu-adrature Phase Shift Keying (QPSK), 16QAM (Qua-drature Amplitude Modulation) и 64QAM. Также используется технология Multi-Input Multi-Output (MIMO). Основная конфигурация технологии MIMO предполагает использование двух передающих и двух приемных антенн базовой станции и мобильного терминала. Максимально предполагается использовать 4-е передающих антенн базовых станций и 2-4 приемных антенны абонентских терминалов. Технология MIMO обеспечивает передачи данных как многих (MU-MIMO), так и единственного пользователя (SU-MIMO) [2].

Модуляция OFDM/QAM в линии «вниз». Технология ортогонального частотного мультиплексирования OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) основана на формировании многочастотного сигнала, состоящего из множества поднесущих частот, отличающихся на величину $\Delta f = \frac{|\omega_n - \omega_{n-1}|}{2\pi}$, выбранную из условия ортогональности сигналов на соседних поднесущих колебаниях (ω_n–радиальная частота n-гоподнесущего колебания).

При формировании OFDM сигнала поток последовательных информационных символов длительностью T_u/N разбивается на блоки, содержащие N символов. Далее блок последовательных информационных символов преобразуется в параллельный, в котором каждый из символов соответствует определенной поднесущей многочастотного сигнала. Причем

при этом длительность символов увеличивается в N раз. Таким образом, суммарная ширина спектра многочастотного сигнала соответствует ширине спектра исходного последовательного сигнала.

Целью такого преобразования является защита от узкополосных помех (либо от частичных искажений спектра в результате переотражений и многолучевого распространения). Это достигается тем, что параллельные символы многочастотного сигнала представляют собой кодовое слово помехоустойчивого кода (например, кода Рида-Соломона), который позволяет их восстановить в случае ошибочного приема за счет искажений спектра. Частотно-временное представление OFDM сигнала представлено на рис.1. Преобразование сигнала из временной в частотную область обеспечивается дискретным преобразованием Фурье (DFT–Discrete Fourier Transform).

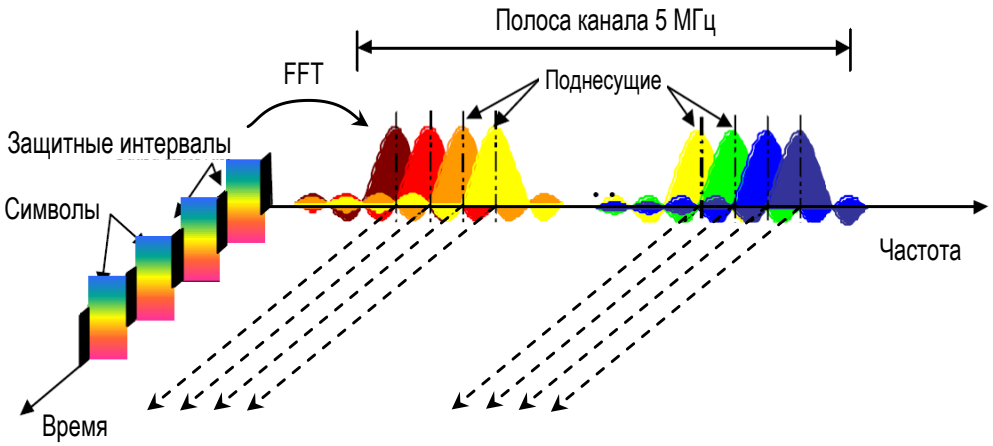


Рисунок 1.6 – Частотно-временное представление OFDM сигнала при ширине спектра 5 МГц

Кроме того, преимущество OFDM заключается в уменьшении необходимого количества временных защитных интервалов. При последовательном сигнале защитные интервалы добавляются между каждыми символами, а при многочастотном – между группами символов (OFDM-символами).

Особенностью сигналов OFDM является:

1.Мультиплексирование несущих колебаний (называемых поднесущими), модулированных информационными символами по выбранному закону (QPSK, 8QAM, 16QAM, 64QAM);

2.Поднесущиеортогональны (взаимная корреляционная функция равна нулю), или, по крайней мере, квазиортогональны (на практике);

3.Каждый OFDM-символ имеет защитный временной интервал для исключения межсимвольной интерференции. Этот защитный интервал выбирается с учетом импульсной характеристики линии связи (физической среды распространения радиосигнала). Принцип формированияOFDM-сигнала показан на рисунке 2.

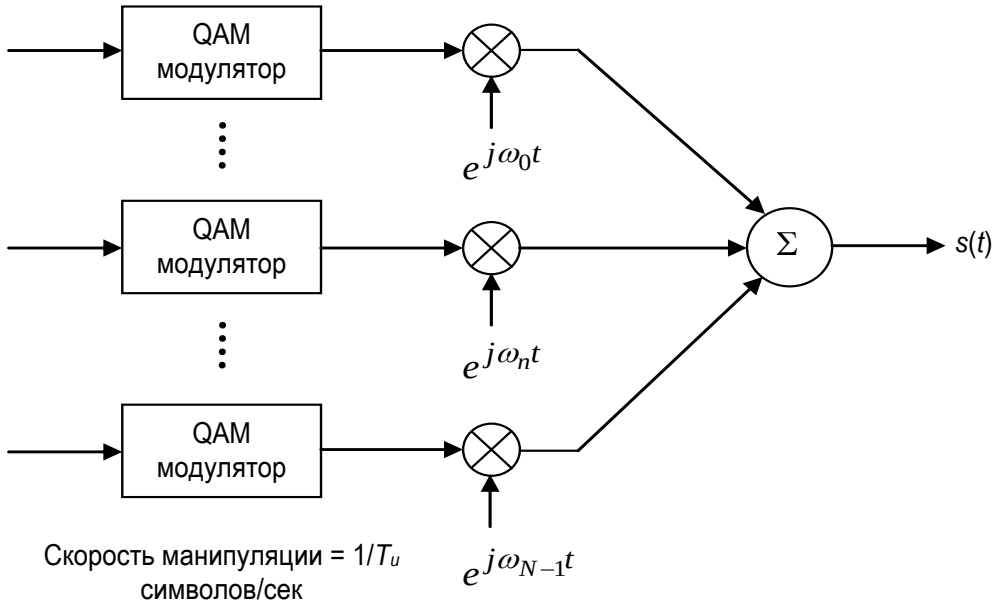


Рисунок 1.7 – Принцип формирования OFDM-сигнала

На практике при формировании OFDM-сигнала используется обратное дискретное быстрое преобразование Фурье (Inverse Fast Fourier Transform – IFFT) на N точек (рис. 3). Это значительно упрощает практическую реализацию приемопередающего устройства OFDM.

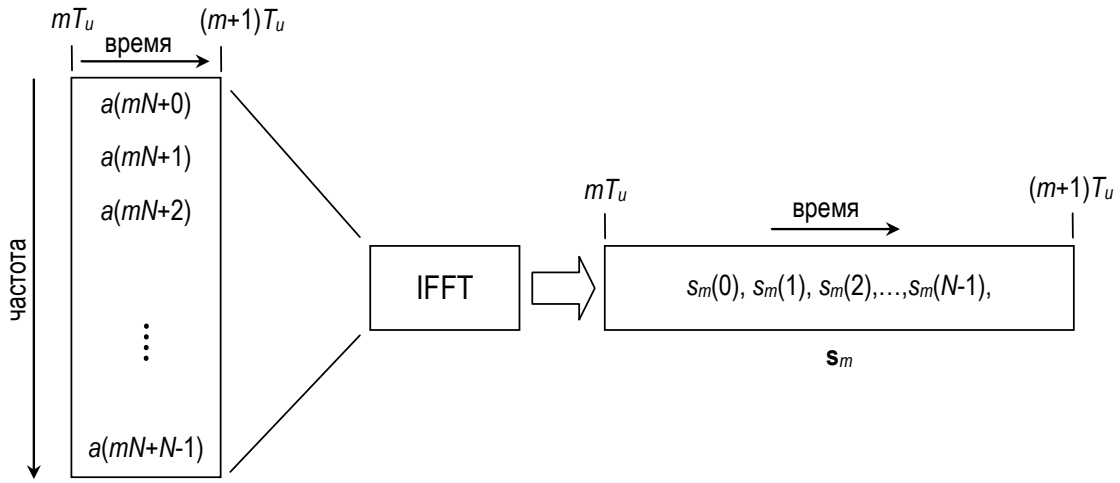


Рисунок 1.8 – Использование преобразования IFFT при формировании OFDM-сигнала

Под $a(mN+n)$ обозначен модулированный символ n-го частотного подканала длительностью T_u в интервале времени $mT_u < t < (m+1)T_u$. Вектор s_m на выходе IFFT представляет собой OFDM-символ. Схема формирования OFDM сигналов в режиме TDD использует циклические префиксы CP (Cyclic-Prefix) для борьбы с межсимвольной интерференцией с длительностью TCP≈4.7/16.7 мкс (при разнесении поднесущих на 15 кГц). Временные отрезки

(кадры длительностью 10 мс) состоят из 20 подкадров одинаковой длительности $T_{sub\text{-}frame}$ = 0.5 мс. Параметры сигналов OFDM линии «вниз» в режиме TDD.

Особенностью радиоинтерфейсов в линии «верх» сети E-UTRAN является использование технологии множественного доступа несущей частотой SC-FDMA (Single Carrier – Frequency Division Multiple Access). Исключение взаимного влияния пользователей достигается введением циклических префиксов и использованием эффективных эквалайзеров в приемных устройствах. Интервал времени передачи TTI в линии «вверх» сети E-UTRAN соответствует TTI в линии «вниз» и равен 0.5 мс. Этот интервал можно увеличить для специальных типов каналов. Основная конфигурация антенн линии «вверх» при использовании технологии MIMO предполагает наличие двух передающих антенн на мобильном терминале и двух приемных антенн на базовой станции.

Технология множественного доступа SC-FDMA основана на преобразовании Фурье (рисунок 1.9).

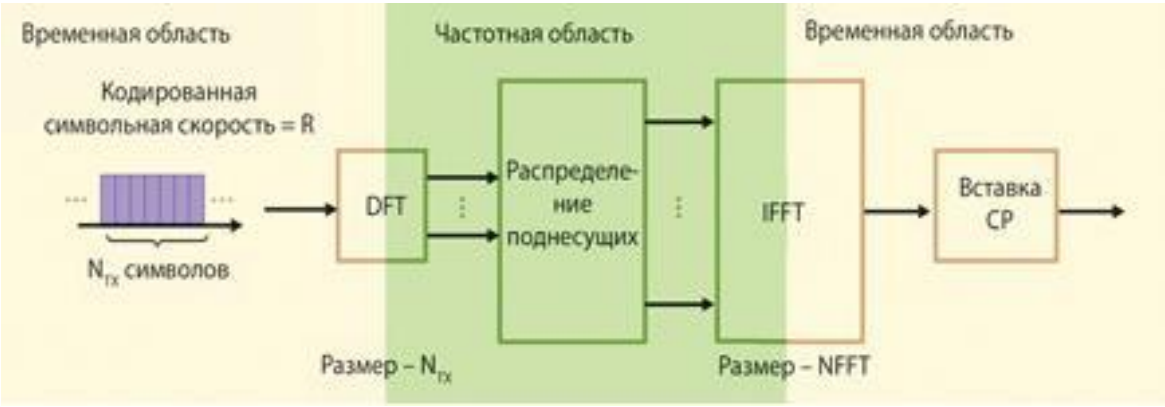
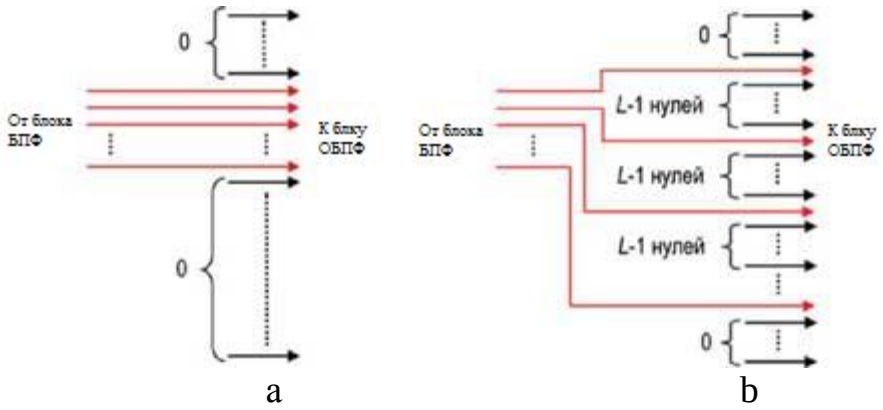


Рисунок 1.9- Схема передающего устройства при множественном доступе SD-FDMA

При формировании группового сигнала в линии «вверх» для каждого терминала решается вопрос о том, какая часть поднесущих используется (заполняется данными), а какая нет (заполняется нулями). Между каждым из сигналов, образующихся после быстрого преобразования Фурье, вставляется L-1 нулевых символов; L – количество нулевых символов. При последовательном распределении поднесущихL=1 (смотреть рисунок 1.10,а), то есть между символами, образующимися после быстрого преобразования Фурье, не вставляются нулевые поднесущие (L-1=0). При смешанном распределении L>1(смотреть рисунок 1.10,б).



a – Последовательное распределение поднесущих;
b – Смешанное распределение поднесущих

Рисунок 1.10 - Схема формирования поднесущих OFDM- сигнала:

Для линии «верх» сети E-UTRAN определены три физических канала:

-PRACH (Physical Random Access Channel) – физический канал произвольного (случайного) доступа;

- PUCCH (Physical Uplink Shared Channel) – физический распределительный транспортный канал линии «верх» и два транспортных канала:

- RACH (Random Access Channel) – канал случайного доступа;
- UL-SCH (Uplink Shared Channel) – совмещенный канал линии «вниз».

Связь транспортных и физических каналов показана на рисунке 1.11[3].

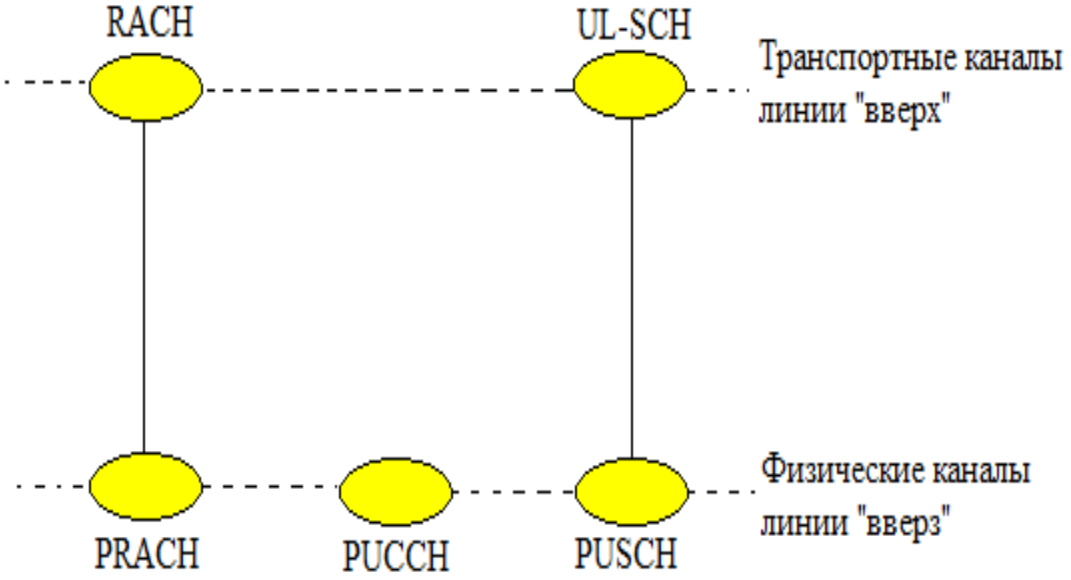


Рисунок 1.11 – Связь транспортных и физических каналов в линии «вверх»

2 Выбор оборудования для построения сети LTE

2.1 Разработка задания для изучения возможности строительства сети LTE

В дипломном проекте анализируем исходные данные, необходимые для выполнения задания.

В проекте нужно изучить возможности строительства сети LTE четвертого поколения.

Нужно:

- выбрать устройство;
- определить количество станций;
- рассчитать зоны покрытия;
- привести план сети БС находящихся на местности;
- реализации взаимосвязи базовых станций;
- рассчитать экономический эффективность от внедрения сети;
- рассчитать необходимые параметры по охране труда и безопасности жизнедеятельности.

Таблица 2.1 – Сведения

Параметры	Значение
Местный регион	Город
Площадь города , км^2	29,3
Население, тыс. человек	31027
Применяемый стандарт	LTE
Рабочая частота, МГц	700
Высота БС антенны, м	35
Высота антенны подвижной станции, м	1,5
Скорость голоса в LTE, Мбит/с	10

2.2 LTE Alcatel-Lucent 700 базовая станция

В настоящее время многие компании занимаются производством оборудования для сетей LTE по всему миру. Сегодня на рынке беспроводных технологий можно наблюдать, что объемы продаж беспроводного оборудования уверенно растут. Поэтому рассмотрим беспроводные разрешения установок компании Alcatel-Lucent для выбора оборудования.

Alcatel-Lucent – мировой лидер в области LTE. Компания ведёт исследовательскую деятельность и выпускает оборудование для телекоммуникаций. Считается пионером на рынке техники для сетей LTE (4G). Связи с этим я выбрал базовую станцию «Alcatel-Lucent LTE 700», компаний Alcatel (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 - Внешний вид базовой станции «Alcatel-LucentLTE 700»

«Alcatel-LucentLTE 700» новый продукт компании Alcatel , который основан на передовой технологии LTE. Высокая производительность и пропускная способность базовой станции только полудуплексный и многоканальное функциональность позволяет принимать большое количество абонентов на одной базовой станции.

Рисунок 2.2 - Внутренний вид базовой станции «Alcatel-Lucent LTE 700»

Слева вертикально установлен baseband-unit - низкочастотная часть базовой станции, своего рода компьютер, управляющий радиотрансиверами. Справа от него - три модуля Alcatel-Lucent RDU 700 Мгц - это и есть радио, образующие трехсекторную конфигурацию eNodeB LTE (рисунок 2.2).

На верхнюю панель базовой станции "кабинетного типа" (для indoor-установки) Alcatel-Lucent LTE 700 МГц выведены разъемы для подключения фидеров и GPS-антенны (рисунок 2.3).

Рисунок 2.3 – Вид сверху базовой станции «Alcatel-Lucent LTE 700»

Рисунок 2.4 – Аппаратура источника базовой станции

Аппаратура питания базовой станции. Сверху выпрямители, ниже блок аккумуляторных батарей, способных обеспечить бесперебойное питание сайта в течение нескольких часов (рисунок 2.4). Потребляемая мощность (это весь сайт, включая оборудование 2G) - >3 кВт.

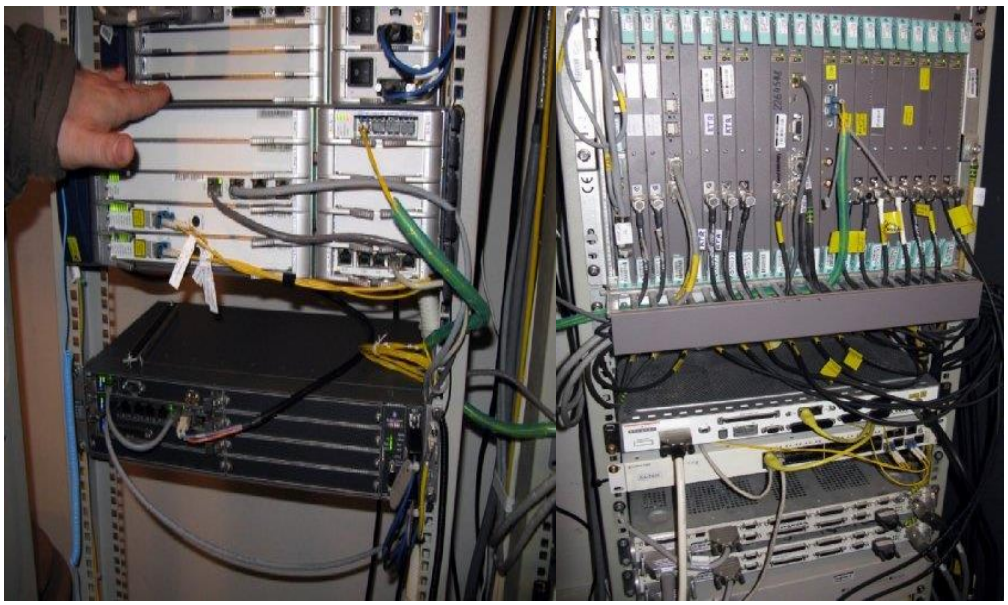


Рисунок 2.5 - Две стойки заняты оборудованием SDH и сопряжением сайтов с опорной оптоволоконной сетью

Компания "Кар-Тел" и LTE технологии успешно прошли предварительные испытания, "ВымпелКом" Group и Alcatel-Lucent для ускорения Интернета на массовом рынке в соответствии со стратегическим развитием Республики Казахстан в 2030 году, дорабатывают услуги, для предоставления абонентам передовых мобильных широкополосных услуг. Благодаря уникальным особенностям стандартной реализации сети LTE, услуги высокоскоростной передачи данных и стандарты доставки с низкой помехой может быть реализовано. Для активации сети в нижней полосе частот (700 МГц) оператор позволяет более эффективно обеспечить максимальный охват. Пользователям в любом месте и в любое время будут доступны лучшие услуги, видео высокого разрешения, музыка, видеоигры, разнообразные широкополосные мультимедийные услуги [4].

2.3 Коммутатор OmniStackLS 6224

Коммутатор – устройство, предназначенное для соединения нескольких узлов компьютерной сети в пределах одного или нескольких сегментов сети. Коммутаторы технологий абонентских линий для того же типа информации и внешним устройством и беспрепятственное каналов связи друг с другом для того, чтобы создать путь для питания для продолжения. Коммутатор передает данные только непосредственно получателю. Это повышает производительность и безопасность сети, избавляя остальные сегменты сети от необходимости (и возможности) обрабатывать данные, которые им не предназначались.

Для обеспечения мобильной сети LTE, используется коммутатор OmniStackLS 6224 – FastEthernet L2+. OmniStackLS 6224 – FastEthernet L2+ коммутатор, с фиксированной конфигурацией и возможностью объединения в стек. Высота 1U, 24 порта 10/100 с разъемами RJ-45, 2 порта 10/100/1000 RJ-45

и 2 Combo-порта. Существует версия OmniStackLS 6224DC - внутреннее питание DC вместо AC.На рисунке 2.6 изображён коммутатор OmniStackLS 6224 – FastEthernet L2+.

Рисунок 2.6 - OmniStackLS 6224 - Fast Ethernet L2+ коммутатор

Производительность:

Емкость коммутации: 12,8 Гбит/с для 24 портов, 17,6 Гбит/с для 48 портов;

Полоса пропускания в шине стекового подключения: 4 Гбит/с;

8 тысяч MAC-адресов.

Физический размер:

17 ,32 x 9,05 x 1,73 дюймов, 44 x 23 x 4,4 см (Ширина x Глубина x Высота).

2.4 Маршрутизатор Alcatel-Lucent 7750 SR

Alcatel-Lucent 7750 Service Routers (рисунок 2.7) - 2G, 3G, LTE беспроводной маршрутизатор для мобильных сетей. Мультисервисные маршрутизаторы Alcatel-Lucent 7750 предназначены для предоставления дифференцированных высокопроизводительных услуг с высоким уровнем эксплуатационной готовности. Маршрутизаторы 7750 SR характеризуются пропускной способностью 90 Гбит/с до 7,2 Тбит/с, возможностью специализированной обра-ботки приложений на уровне сервисов, расширенным качеством предоставления услуг (QoS) и полным набором мультисервисных/Ethernet интерфейсов и протоколов. Благодаря этим свойствам 7750 SR обеспечивают наилучшую в отрасли масштабируемость и гибкость, позволяющие предоставлять широкополосные и беспроводные IP-услуги частным и корпоративным потребителям на конвергентной платформе маршрутизации.

Рисунок 2.7 - Маршрутизатор Alcatel-Lucent 7750 SR

Основные характеристики маршрутизатора Alcatel-Lucent 7750 SR:

- Высокопроизводительные (14RU şassïje 2 Тбит / ч), с маршрутизатором масштаба услуг; Образцы различных размеров;
- Интернет-доступ к новым услугам и VPN MPLS;
- Гибкая туннелирование и IP PPP / FR / ATM / IMA / HDLC;
- Услуги, диагностика и биллинг система управления питанием;
- Ethernet Поддержка ACL 100GB / с и до STM-4;
- SDH / ATM / CES интерфейсы в полной мере;
- Прямое подключение к Интернету.

2.5 Секторная антенна компании Huawei

Антенны фирмы Huawei устанавливают для сетей мобильной связи из широкого спектра мест. Особенности производства компании это:

- компактный размер;
- стойкость погодным условиям (проверено для погоды Казахстана);
- возможность выбора широкого полос.

Huawei DX-690-2690-65-18i-0F антенна (рисунок 2.8) для базовых станций Alcatel-Lucent LTE 700 выбран в качестве секторных антенн. Технические характеристики выбранной антенны приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Технические характеристики антенны

Параметры	Значение
Диапазон рабочих частот, МГц	690-2690
Поляризация	+45°, -45°
Ширина половинной мощности луча:	

Прололжение таблицы 2.2

Параметры	Значение
Вертикальная плоскость	65°
Горизонтальной плоскости	6°
Усиления дБ	18
Диаграмма маршрутизации	±120°
Волновое сопротивление, Ом	50
Диапазон рабочих температур, ° С	-55…+70
Размеры, глубина х ширина х длина (мм)	1300х138х65
Вес (кг)	4,1
Входной разъем	2× N Female

Рисунок 2.8 –Секторная антенна фирмы Huawei

Для этой антенны в качестве фидера используется оптический ОКС кабель (рисунок 2.9). В данным проекте будет использоваться 3 вида кабеля: для подземной прокладки , подвешенный и канализационный. Техническое описание приведено в таблице 2.3.

Таблица2.3 – Оптические характеристики фидера

Параметр	Вид кабельной прокладки		
	канализация	подземный	подвешенный
1	2	3	4
Марка кабеля	ОКС-М	ОКБ-Т	ОКА-Т
Число оптических волокон	4 – 72	4 – 24	4 – 24

Продолжение таблицы 2.3

Параметры	Вид кабельной прокладки		
	канализайи	подземный	подвешенный
Компания	Fujikura	Fujikura	Fujikura
Тип волокна	OM	OM	OM
Количество и типы модулей	6 – 12	1 (метал.)	1 (метал.)
Диаметр модуля, мм	2	3,0 – 6,0	3,0 – 6,0
Число Корделя/диаметр	-/2,0	-/3,0 – 6,0	-/3,0 – 6,0
Наружный диаметр кабеля, мм	15,0	18,5	18,5
Вес кабеля, кг/км	190	436	540
Рабочая температура окружающей среды, °С	-40 - +50	-40 - +50	-60 - +60
Минимальный радиус изгиба кабеля, мм	250	250	300
Приемлемые тяговое усилие, кН	1,5	7,0	3,5 – 7,0
Длина подачи, км	2,0	2,0	2,0

Рисунок 2.9 - Распределение фидера на базовой станции Alcatel-Lucent

2.6 Устройство между БС и радиорелейных линий связи

Системы сотовой связи по своей природе являются распределенными телекоммуникационными объектами. Наибольший географический разброс по своей специфике получили элементы системы базовых станций (BSS/UTRAN), а именно сами базовые станции (BTS, NodeB). Это связано с тем, что задача базовых станций обеспечивать покрытие сигналом сотовой связи накак можно большей территории. Одним из ограничивающих факторов

быстрого разворачивания сети сотовой связи является необходимость организации транспортных потоков между базовыми станциями и контроллером базовых станций. Строительство пролета РРЛ занимает не более нескольких дней с учетом времени необходимого на настройку и запуск. Также разворачивание радиорелейного пролета требует гораздо меньших финансовых затрат, а максимальная протяженность может достигать 50 км и более.

Радиорелейные каналы связи получили широкое распространение во всем мире. По сравнению с традиционными наземными медными или оптоволоконными линиями они имеют следующие преимущества:

- сравнительная дешевизна высокоскоростного канала связи;
- отсутствие работ, связанных с прокладкой наземных линий связи;
- нечувствительность к сложным для прохождения участкам трассы (магистральные трассы, путепроводы, реки, болота, леса и т.п.);
- централизованное обслуживание и ремонтопригодность.

Промежуточные проектируемые сети РРЛ строятся на частоте 23 ГГц.

Качественное оборудование для РРЛ Ericsson: выбираем продукцию фирмы Mini-Link HC. MINI-LINK HC (STM-1) 155 Мбит/с используются для организации радиорелейной дорог, работающих на частотах со скоростью 5-38ГГЦ. Точка высокой пропускной способностью, что дает гибкие возможности для организации радиоканалов[5].

Технические характеристики приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Данные для расчета РРЛ пролета

Параметры	Значения на территории
Ro-длина пролета РРЛ,км	12
Расстояние максимальной высоты рельефаR1,км	10
Ширина помехи r,м	300
Частота РРЛ f_{fw},*ГГц;* f_{bw},*ГГц*	5,6; 5,9
Коэффициент усиления антенны $G_{прд}$, *дБ;* $G_{прт}$, *дБ;*	40; 40
Коэффициент системы*SG,дБ*	112,5
Антенно-фидерные тракт КПД η, дБ	1,5
Пролет профиля *MN,м; CD,м; ZY,м*	789; 721; 820

2.7 Абонентская станция

Модем LTE 4G USB – абонентская станция, работает на базе технологии LTE. Самый удобный и простой способ подключения к Интернету. USB беспроводной модем, который поддерживает покрытие 4G LTE любом месте, обеспечивает высокоскоростной доступ к сети Интернет в любое время.

Абонентская станция работающая на базе технологий, показана на рисунке 2.10.

Рисунок 2.10 - USB-модем ZTE MF823

3 Расчетная часть

3.1 Анализ технологии LTE

Процесс проектирования технологии LTE отличаетсяиными свойствамиот других технологий беспроводного радиодоступа. Главное отличие - это применение базы доступа многостанционной технологии OFDM. В связи с этим, появляется новое понятие и меняется алгоритм проектирования. Процесс планирования радиосети состоит из двух основных частей:

-формирование зоны максимального доступа;

-обеспечение необходимой емкости.

Поскольку проектирование радиосети LTE планируетсяв регионе с малой плотностью абонентов,по возможности,чтобы охватить максимально большую территорию базовые станций должны располагаться на малом расстоянии друг от друга. В этой связи, нужен выбор диапазона частот соответствии. Чем частоты ниже, тем и распространение радиосигнала будет подальше. В качестве дуплекс типа частоты - выбирается FDD[6].

3.2Расчет охвата территории для сети LTE в окрестности города Арал

Анализ радиопокрытия начинаем с расчета максимально допустимых потерь (МДП). Эквивалентноизотропная мощность излучения передатчика(ЭИМИП) МДПрассчитывается как разница между минимально необходимой мощностью сигнала навходе приемника соответствующей стороныи с учетом всех потерь наканале связиобеспечивается нормальная демодуляция сигнализации в приемнике.

Принцип расчета МДП на рисунке 3.1

Рисунок 3.1- Принцип расчетаМДП

При расчете используем следующие параметры:

- системная полоса: 20 МГц; для FDD = 10/10 (DL/UL);
- eNB - в каждом секторе один TRX, выходная мощностьTRX = 40 Вт (46 дБм); в связи DL работает врежиме MIMO 2×2;
- соответствие продолжительности кадров DL/UL: 100%/100%.

максимально допустимые потериопределяются по следующей формуле:

$$L_{\text{МДП}} = P_{\text{эиим.прд}} - S_{\text{ч.пр}} + G_{\text{А.пр}} - L_{\text{ф.пр}} - M_{\text{прон}} - M_{\text{пом}} - M_{\text{затен}} + G_{\text{хо}}, \quad (3.1)$$

где $P_{эиим.прд}$ -эквивалентная изотропно-излучаемая мощность передатчика;

$S_{ч.пр}$- чувствительность приемника;

$G_{А.прд}$–коэффицент уселения антенны передатчика, $G_{А.прд}$: DL = 18 дБ, UL = 0 дБ;

$L_{Ф.прд}$ - потери на фидером тракте передатчика, $L_{Ф.прд}$: DL = 0,3 дБ;

$M_{прон}$–запас на проникновение сигнала в здание в сельской местности, $M_{прон}$ = 12 дБ;

$M_{пом}$ - запас на помехи.

$M_{пом}$ -определяется результатами системного уровня в зависимости от нагрузки в соседних сотах;$M_{пом}M_{пом}$: DL = 6,4 дБ; UL = 2,8 дБ;

$G_{хо}$ – выигрыш от хэндовера.Величина выигрыша от хэндовера - при возникновений глубокихзамераний в обслуживаемой соте, может осуществляться абонентский терминал хэндовер.Выигрыш хэндовера = 1,7 дБ.

$P_{эиим.прд}$ определяется по формуле:

$$P_{эиим.прд} = P_{вых.прд} + G_{А.прд} - L_{ф.прд}, \quad (3.2)$$

где $P_{вых.прд}$ -выходная мощность передатчика.LTE- зависит от ширины полос частот на линии (DL) «низкий» который может колебаться на интервале.

$P_{вых.прд}$ 1,4-20 МГц. До 5 МГц надо выбирать передатчик с мощностью 20 Вт (43дБм), а выше 5 МГц мощность должна составлять 40 Вт (46 дБм).

$P_{вых.прд}$: DL = 46 дБм, UL = 33 дБм.

DL для линии связи:

Рэиим.прд = 46 + 18 - 0,3 = 63,7 дБм.

ULдля линии связи:

$P_{эиим.прд}$ = 33 (дБм).

$S_{ч.пр}$ определяется по формуле:

$$S_{ч.пр} = P_{тш.пр} + M_{осш.пр} + L_{пр}, \quad (3.3)$$

где$P_{тел.шп}$-мощность теплового шума приемника,

$P_{тел.шп}$: DL = -174,4 дБ, UL = -104,4 дБ;

$M_{сиг.пр}$- сигнал/шум требуемое отношение приемника.$M_{сиг.пр}$ взято для модели канала «Enhanced Pedestrian A5».

$M_{сиг.пр}$:DL = -0,24 дБ; UL = 0,61 дБ;

$L_{пр}$ - коэффициент шума приемника,Lпр: DL = 7 дБ, UL = 2,5 дБ,

для линии связиDL:

$S_{ч.пр}$= -174,4 + (-0,24) + 7 = -167,64 дБм,

для линии связиUL:

$S_{ч.пр}$= -104,4 + 0,61 + 2,5 = -101,29 дБм.

По полученным результатам формул (3.2) и (3.3) рассчитываем значениеМДП (максимально допустимых потерь):

для линии связи DL:

$L_{МДП}$ = 63,7 – (-167,64) – 12 – 6,4 – 8,7 – 1,7 = 205,94 дБ,

для линии связи UL:

$L_{МДП}$ = 33 – (-101,29) + 18 – 0,4 – 12 – 6,4 – 8,7 + 1,7 = 126,5 дБ.

Из двух взятых МДП , полученных для линии связи UL и DL выбираем меньшую. По продолжительности верхний является ограничивающей линией.

Для расчета растояния связи,выбираем эмпирические модели Okumura – Hata распространения радиоволн. По примеру Okumura - Hata трасса длиной менее 10 км и для региона с плоским ландшафтом используем следующую формулу:

$$L_г = 69{,}5 + 26.16\,lg\,f_c - 13.82\,lg\,h_t - A(h_r) + (44{,}9 - 6\,lg\,h_t)\cdot lg\,d, \quad (3.4)$$

Для городской местности выражение примет вид с поправкой:

$$L_c = L_г - 4{,}78(lg\,f_c)^2 + 17{,}33\cdot lg\,f_c - 40{,}94, \quad (3.5)$$

$$L_c = 98{,}602,$$

гдеf_c –частота от 150 до 1500 МГц;

h_t - высота передающей антенны (eNB) 30-300 метр;

h_r -высота принимающей антенны (антенны мобильного устройства)1-10 метр;

d – радиус соты 1-20 км;

$A(h_r)$ -поправочный коэффициент в зависимости от типа местности для высоты антенны подвижного объекта.

Для проведения расчетов выбираем следующие параметры:

f_c = 700 МГц;

h_t = 30 метр;

h_r = 1,5 метр.

Для сельской местности поправочный коэффициент A(hr) определяем по формуле:

$$A(h_r) = (1{,}1\cdot lg\,f_c - 0{,}7)\cdot h_r - (1{,}56\cdot lg\,f_c - 0{,}8), \quad (3.6)$$

$$A(h_r) = (1{,}1\cdot lg\,700 - 0{,}7)\cdot 1{,}5 - (1{,}56\cdot lg\,700 - 0{,}8) = 0{,}006.$$

С учетом полученных результатов определим радиус соты *d*:

$$126{,}5 = 69{,}5 + 26{,}16lg700 - 13{,}82lg35 - 0{,}006 + (44{,}9 - 6lg35)\cdot \lg d$$

$$126{,}5 = 158{,}2\cdot \lg d.$$

d = 6,3 км.

Вычислим площадь покрытия трехсекторного сайта S_{eNB}по следующей формуле:

$$S_{eNB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8}\cdot d^2, \quad (3.7)$$

$$S_{eNB} = 9\frac{\sqrt{3}}{8} \cdot 6,3^2 \approx 77,338\ км^2.$$

Этот раздел выпущен с помощью программы направленной на математику MathCAD (приложение А).

3.3Частотно-территориальное деление и ситуационное расположениеeNB на территории города Арал

Основным этапом проектирования сетей подвижной радиосвязи абонентского доступа является этап частотно-территориального планирования, в ходе которого выбирается структура сети, места размещения базовых станций, разрабатывается план распределения радиоканалов для базовыхстанций, выполняется адаптация планов к условиям территориальных и частотных ограничений планируемой зоны обслуживания.

В первую очередь, нужно составить ситуационный план размещениябазовых станций eNB на территории района планирования сети. Целью проектирования не является полный радиоохват территории района. Главное в данном проекте – это обеспечение устойчивым радиосигналом густонаселенных районов. Исходя их этого условия, а так же учитывая особенности рельефа местности, выполним размещение базовых станций.

Минимальное количество базовых станций eNB, необходимых для обеспечения устойчивым радиосигналом густонаселенных районов на территории планирования составляет 3 штук. Таким образом, строится сеть, все eNB которой имеют следующие характеристики:

- мощность каждого передатчика – 40 Вт;
- высота антенны – 35 метра;
- количество приемопередатчиков TRX – 3 (каждому сектору по одному);
- системная полоса для одного сектора - 20 МГц (10 МГц для «верхней» линии связии и 10 МГц для «нижней» линии связи);
- узел «вниз» поддерживает технологиюMIMO 4×2;

пропускная способность узла связи «вниз» - 102,9 Мбит/с, узел связи «вверх» - 54,87 Мбит/с.

Составим частотный план. Планируемой сети выделена полоса частот 791-862 МГц, ширина частотного спектра составляет 71 МГц. Каждому сектору eNB нужно выделить 20 МГц. Таким образом, имеющаяся ширина спектра разделится на 3 части по 20 МГц, плюс защитные частотные полосы для избежания перекрытия сигналов разных секторов. Присвоим каждой из трех частей спектра условный номер и результаты составления частотного плана сведем в таблицу 3.1. [7].

Таблица 3.1 – Частотный план LTE в городе Арал

eNBномера	Секторы	Азимут	Зона обслуживания, км	Условный номер частотного спектра
1	1,1 1,2 1,3	0 120 240	6,3 6,3 6,3	1 2 3
2	2,1 2,2 2,3	0 120 240	6,3 6,3 6,3	1 2 3
3	3,1 3,2 3,3	0 120 240	6,3 6,3 6,3	1 2 3

После введения данной сети LTE в эксплуатацию, наступает этап оптимизации сети, в ходе которого может происходить корректирование выполненного планирования, а именно: увеличение пропускной способности сети, изменение высоты подвеса радиомодулей, понижение или повышение излучаемой мощности радиомодулей.

3.4 Расчет пропускной способности сети

Ведется для расчета пропускной способности сети или для оценки емкости в определенных случаяхисходя из средней спектральной эффективности ячейки.

Спектральная эффективность систем мобильной связи определяется отношением рассчитываемых показателей в полосе частот(бит/с/Гц) применяемые в скорости передачи данных 1 Гц.Спектральная эффективность является показателям эффективности использования частотного ресурса и характеризует скорость передачи информации выданной в полосе частот.

Спектральная эффективность в конкретной географической зоне (ячейка, зона), распространение скорости 1Гц на полосы частот (бит/с/Гц/ячейка) как отношение всех абонентов в сети и может быть рассчитана как полосы к ширине одного частотного канала максимальной пропускной способности сети.

Для различной конфигурации MIMO сети LTE на основании 3GPP Release 9 FDD к дуплексному типу частот, если полоса частот шириной 20 МГц средне спектральная эффективность приведена в таблице 3.2

Таблица 3.2 - Средне спектральная эффективность для сети LTE

Линия	Схема	Средне спектральная эффектив-ность (бит/с/Гц)
UL	1×2	1,254
	1×4	1,829
DL	2×2	2,93
	4×2	3,43
	4×4	4,48

Расчет эффективности средне пропускной способности 1 сектора сети для системы FDD производится путем прямого умножения ширины канала и спектральной эффективности:

$$R = S \cdot W, \tag{3.8}$$

здесь S- Средне спектральная эффективность (бит/с/Гц)

W–ширина канала (МГц); W = 10 МГц.

для узла связи DL:

$$R_{DL} = 3{,}43 \cdot 10 = 34{,}3 \text{ Мбит/с},$$

для узла связи UL:

$$R_{UL} = 1{,}829 \cdot 10 = 18{,}29 \text{ Мбит/с}.$$

Средняя пропускная способность базовой станции R_{eNB} рассчитывается путем умножения пропускной способности одного сектора на количество секторов базовой станции; количество секторов равняем на три, тогда:

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} \cdot 3, \tag{3.9}$$

для узла связи DL:

$$R_{eNB.DL} = 34{,}3 \cdot 3 = 102{,}9 \text{ Мбит/с},$$

для узла связи UL:

$$R_{eNB.UL} = 18{,}29 \cdot 3 = 54{,}87 \text{ Мбит/с}.$$

3.5 Расчет количества потенциальных абонентов

Следующим этапом будет определение количества сот в планируемой сети LTE.

Для расчета числа сот в сети необходимо определить общее число каналов, выделяемых для развертывания проектируемой сети LTE. Общее число каналов N к рассчитывается по формуле:

$$N_k = \left[\frac{\Delta f_{\Sigma}}{\Delta f_к}\right], \qquad (3.10)$$

где Δf ∑ - полоса частот, выделенная для работы сети и равная 71 МГц;

Δfк – полоса частот одного радиоканала; под радиоканалом в сетяхLTE определяется такое понятие как ресурсный блок РБ, который имеетширину 180 кГц, Δf к = 180 кГц.

$$N_к = \frac{71000}{180} \approx 395 \text{ каналов.}$$

Дальше определяем количество каналов $N_{к.сек}$необходимых для обслуживания абонентов одной ячейки, в одном секторе:

$$N_{к.сек} = \left[\frac{N_к}{(N_{кл} \cdot M_{сек})}\right], \qquad (3.11)$$

где $N_к$ - общее количество каналов;

$N_{кл}$ - размер кластера, eNB выбираем по количеству секторов, то есть, ровняем на – 3;

$M_{сек}$–eNB число секторов, 3

$$N_{к.сек} = \left[\frac{395}{(3 \cdot 3)}\right] \approx 43 \text{ канала.}$$

Определяем количество каналов одной ячейки в одном секторе трафика. Число каналов $N_{кт.сек}$трафика рассчитывается по формуле:

$$N_{кт.сек} = N_{кт1} \cdot N_{к.сек}, \qquad (3.12)$$

$N_{кт1}$ - количество каналов трафика определяемых стандартами радиодоступа одного радиоканала (для OFDMA $N_{кт1}$ = 1...3); для сети LTE выбираем $N_{кт1}$ = 1.

$$N_{кт.сек} = 1 \cdot 43 \approx 43 \text{ каналов.}$$

В соответствии с моделью вероятности Эрланга указанного в виде графики на рисунке 3.2 значение одной ячейки $A_{сек}$ сектора равно на 1% и во время рассчитанных выше $N_{кт.сек}$ определим разрешение нагрузки.$A_{сек}$ = 50 Эрл.

Количество абонентов, обслуживаемых одной eNB определяется по формуле:

$$N_{аб.eNB} = M_{сек} \cdot \left[\frac{A_{сек}}{A_1}\right], \tag{3.13}$$

A_1 -средняя нагрузка на одного абонента абонентских видов трафика;значение A_1 может составить(0,04...0,2) Эрл.Так как проектируемая сеть будет применяться для обмена высокоскоростной информации, предположим, что значение $A1$=0,2 Эрл. Поэтому:

$$N_{аб.eNB} = 3 \cdot \left[\frac{50}{0{,}2}\right] \approx 750 \text{ абонентов.}$$

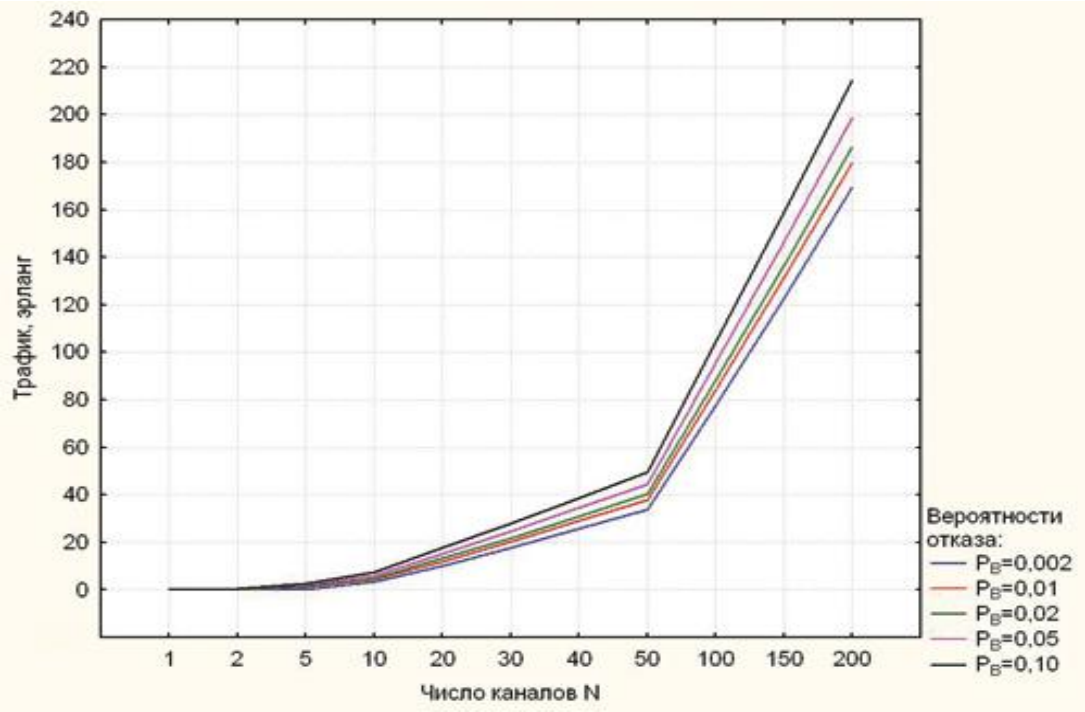


Рисунок 3.2-Зависимость допустимой нагрузки в секторе от числа каналов трафика и вероятности блокировки

3.6 Расчет количества базовых станций (Node B)

Количества базовых станций определяется по формуле:

$$N_{eNB} = \left[\frac{N_{аб}}{N_{аб.eNB}}\right] + 1, \tag{3.14}$$

где $N_{аб}$ - число абонентов.

$$N_{eNB} = \left[\frac{2172}{750}\right] + 1 \approx 3\ eNB.$$

Количество потенциальных абонентов определим как 7% всего населения. Количество всех жителей города Арал31027 человек. То есть, количество потенциальных абонентов составляет 2172 человек.

Для определения средней пропускной способности R_Nпроектируемой сети количество базовых станций eNB определяем путем умножения пропускной способности каждой базовой станции eNB:

$$R_N = (R_{eNB.DL} + R_{eNB.UL}) \cdot N_{eNB}, \quad (3.15)$$

$$R_N = (102{,}9 + 54{,}87) \cdot 3 \approx 473{,}31 \text{ (Мбит/с)}.$$

Также оцениваем емкость проектируемой сети и сравниваем свычисленным.ЧНН (самая большая нагрузка) определим средний трафик одного абонента:

$$R_{т.ЧНН} = \frac{T_т \cdot q}{N_{ЧНН} \cdot N_д}, \quad (3.16)$$

где $T_т$ -средний трафик одного абонента за месяц, $T_т$ = 20 Гбайт/ай;

q -коэффициент для сельской местности, q = 2;

$N_{ЧНН}$ – число ЧНН за день, $N_{ЧНН}$ = 6;

$N_д$ – число дней за месяц, $N_д$ = 30.

$$R_{т.ЧНН} = \frac{20 \cdot 2}{6 \cdot 30} = 0{,}22 \text{ Мбит/с.}$$

Общий трафик проектируемой сети в ЧНН$R_{общ./ЧНН}$ определяем следующей формулой:

$$R_{общ./ЧНН} = R_{т.ЧНН} \cdot N_{акт.аб}, \quad (3.17)$$

$N_{акт.аб}$ – число активных абонентов в сети;

число активных абонентов в сети, определим как 80% всех потенциальных абонентов$N_{аб}$

то есть, $N_{акт.аб}$ = 1241абонент.

$$R_{общ./ЧНН} = 0{,}22 \cdot 1738 = 381 \text{ Мбит/с.}$$

Таким образом, R N > R общ./ЧНН . Это условие показывает, что проектируемая сеть не будет подвергаться перегрузкам в ЧНН.

Этот раздел выпущен с помощью программы направленной на математикуMathCAD (ПРИЛОЖЕНИЕ Б).

Расположения базовых станций указано в приложении В.

3.7 Расчет необходимой мощности

(P_{AC})для того, чтобы найти мощность переменного тока(P_{DC})нужно выделить мощности постоянного тока на коэффициент полезного действия(КПД) (0,8 – 0,9).

Значения для расчета необходимой мощности приведенных в таблице 3.3

Таблица 3.3-Необходимые значения для расчета мощности

Устройства	Число, шт.	Необходимая мощность, Вт	P_{AC}/P_{DC}
Alcatel-Lucent	3	790	P_{AC}
Коммутатор	1	228	P_{DC}

Формула определения мощности переменного тока:

$$P_{AC} = P_{DC}/0{,}8, \tag{3.18}$$

$$P_{КОМ} = 228/0{,}8 = 285 \text{ Вт.}$$

Р-для общего расчета мощности необходимых устройств используем следующую формулу:

$$P_{қос} = P_{РМ} + P_{КОМ}, \tag{3.19}$$

$$P_{доп} = 790 + 285 = 1075 \text{ Вт.}$$

I-значение тока нагрузки определяется по формуле:

$$I = P_{доп}/U, \tag{3.20}$$

U - значение напряжения питания, $U = 220$ В.

$$I_H = 1075/220 = 4{,}8 \text{ А.}$$

3.8 Расчет мощности принимаемого сигнала

Мощность принемаемого сигнала зависит отрасстоянияабонентской станции. Найдем его выражение по формуле:

$$P_{\text{ПР}} = A - B \cdot \log R - n \cdot \log(\frac{f}{900}) + 10 \cdot \log \alpha \,, \qquad (3.21)$$

где параметры А и В, получаемые величины по отношению к окружающей среде. Для больших городов, А= 55...80, В= 30...43. А для малых городов А=54, В=39. Для города множительную n равен 3, для малых городов, равный 2. αопределяем по по формуле:

$$\alpha = \frac{h_B^2 h_M^m P_{\text{тер}} G_{\text{тер}} G_{\text{пр}}}{3660}, \qquad (3.22)$$

где $P_{\text{тер}}$ –мощность передатчика, Вт;

$G_{\text{тер}}$, $G_{\text{пр}}$ – коэфицицент для усиление антенны;

h_Bи h_M – высота базовой и абонентской станций;

m=1 h_M<3и m=2 h_M>10 м.

$$\alpha = \frac{35^2 * 1.5^2 * 30 \ * 18 * 2{,}5}{3660} = 786.885,$$

$$P_{\text{ПР}} = 54 - 39 \cdot \log(10) - 2 \cdot \log(\frac{3445}{900}) + 10 \cdot \log(786.885) = 42.8 м.$$

Производим следующие мощности принимаемого сигнала с помощью нижеупомянутой программой. Блок схема программы приведены в приложении Г, Д листинг расчета мощности принимаемого сигнала приведен в программе Delphy .

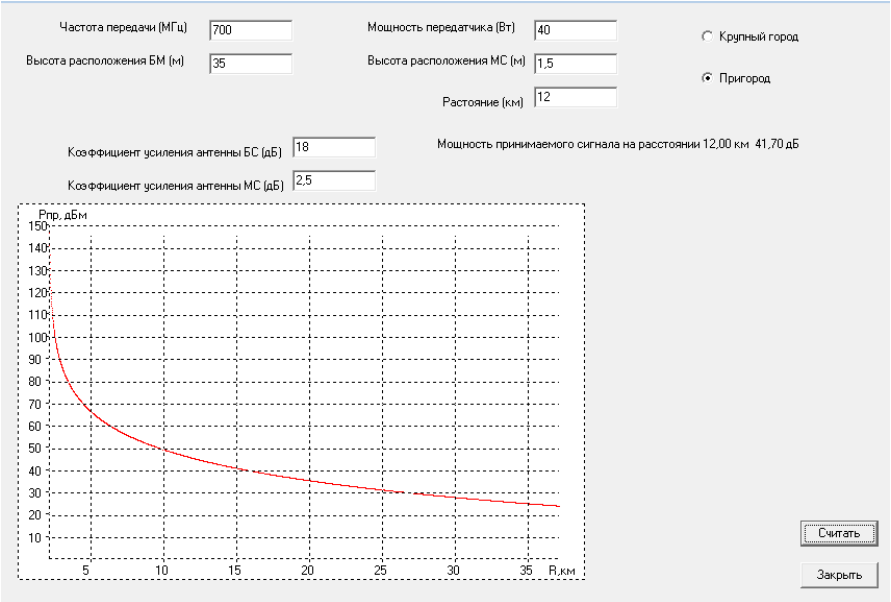


Рисунок 3.3 –Затухание сигнала

С рисунка можно заметить что на расстоянии 12 км величина входящего сигнала равен 41.7 дб

3.9 Задержка появившаяся в результате распространения излучения

При устонавлений радиопутей расположенные в несколких километрах в чистых атмосферах с излученными слоями, надо учесть четыре механимзма задержки:

- расширение луча;
- решения в антенне;
- поверхностно многоизсуленное распространение;
-атмосферно многоизлученное распространение

Большинство механизмов само по себе возникает комбинациями других механизмамов. Когда в соответствии с отражением страниц ровно фокуссированием сигнала возникают сильные задержки сигнала частоты излучения.При помощи многоизлучение появлется задержка. Из за воздействия не больших трубалентов в атмосфере появляются мерцающие задержки, но частотах ниже *40 ГГц* они не влияют.

Большой промежуток времени не более месяца, принимаемых в системах сигнализации уровня глубину задержки F_t средний процент времени $T_{инт}$ узкополосых системах определяется через асимптотические выражения:

$$T_{инт} = K \cdot Q \cdot f^{B} \cdot d^{C} \cdot 10^{-A/10}, \qquad (3.23)$$

где d – длина пролета;

f – частота(ГГц);

K –коэффициент, учитывающий рельеф местности и климата.

$$K = P_L^{1,5} \cdot 10^{(-6,5-C_{LAT}-C_{LON})} = 0.05^{1.5} \cdot 10^{-6.5} = 3 \cdot 10^{-9},$$

где P_L=5%=0,05 – процент времени при вертикальном градиенте рефракций;

C_{LAT}=C_{LON}=0 для Казахстана.

Q – R_0 и *f*коэффициент, учитывающий другие параметры строки отдельно;

$$|E_P| = \frac{h_1 - h_2}{d} = \frac{30-9}{10} = 2.1,$$

где E_p –сгибание радипутей;

h1 и *h2* – величин высоты антенн приемника и передатчика над уровнем моря (м);

d – длина дороги (км).

$$Q = (1 + |E_P|)^{-1,4} = (1 + 2.1)^{-1.4} = 0.205.$$

Тогда:

$$T_{инт} = K \cdot Q \cdot f^B \cdot d^C \cdot 10^{-A/10} = 3 \cdot 10^{-9} \cdot 0.205 \cdot 5.425^{0.89} \cdot 10^{3.6} \cdot 10^{-\frac{37.862}{10}} = 1.804 \cdot 10^{-9}\%$$

В результате время, необходимое для проверки распространения излучения радиоволн выделяют острые нарушения связи больше нормы

Проверка необходимого времени за нарушение связи, в результате много излучения радиоволн:

$$SES = \frac{0,054 \cdot R_0}{2500} > T_{инт},$$

$$SES = \frac{0,054 \cdot 10}{2500} = 2.16 \cdot 10^{-4}\ \%,$$

$2.16 \cdot 10^{-4} > 1.804 \cdot 10^{-4}$,условие выполнено.

3.10Расчет мощности полезного сигнала

Передаваемый на приемник в доход для расчета мощности сигнала необходимо знать конкретные энергетических параметров полезного сигнала.

Мощность сигнала в точке приема определяется формулойв виде следующих полезных децибел:

$$P_{прм} = P_{прд} + G_{прд} + G_{прм} + 201g\lambda - 201g(4\pi) - 201g(r) - L_{доп} - Z \quad (3.26)$$

Этими радио формулами узла связи применяются следующие параметры:

$P_{прд}$ - выходная мощность передатчика, беспроводной сети на устройствах при простых случаях является выходная мощность до 8 до 30 дБм.

$G_{прд}$ и $G_{прм}$ – коэффициенты усиления антенн передатчика и приемника

λ -длина волны;

r -продолжительность распространения;

$L_{доп}$ - целым комплексом причин, в том числе соединяющих ослабление сигнала, антенна из-за несоответствия затрат и поляризация света есть дополнительные обусловленные затраты, $L_{доп}$ =10 дБ;

Z - стабильность внешних преград, его значение радио линия связи «построено» 15 дБ с ситуацией в районе, предоставляемых, как правило, определяется и 5 и электромагнитными случаями.

$$P_{прм} = 27+18+16+20lg(0,13)-201g(4*3,14)-201g(6,3) -10 -5 = -11 \text{ дБ}.$$

Реальной чувствительности приемника устанавливают, что P_{min}, принимать минимальные потребности в мощности сигнала на входе приемника полезного он нормальный, определяющий физический смысл показателя.

Расчет энергетических параметров линии связи, радиоприемник конкретные значения параметров чувствительности сигнализации это линия связи значение не менее полезной мощностью, передаваемой на вход:

$$P_{прм} \geq P_{мин.}$$

По формуле (3.26), мы рассчитали значение мощности сигнала передаваемый на вход приемника. Таким образом, по результатам расчета он равен -11дБ, т. е. конкретные значения чувствительности приемника достаточно большая, выше условие выполняется:

$$-26\text{дБ} \geq -98 \text{ дБ}.$$

4 Бизнес-план

4.1 Резюме

В данной главе дипломного проекта проводится технико-экономическое обоснование организации беспроводного доступа в городе Арал с использованием технологии LTE. Интерес операторов связи к технологии LTE связан, в частности, с тем, что развертывание LTE-сетей — значительно более выгодный проект, чем сети третьего поколения. LTE лучше использует

частотный спектр (отличается повышенной емкостью и меньшей задержкой сигнала).

При разработке проектной документации и расчете экономических и финансовых показателей развития связи рассчитываются следующие основные технико-экономические показатели:

- капитальные вложения;
- эксплуатационные расходы;
- тарифные доходы;
- прибыль и срок окупаемости проекта.

Проектом предусматривается организация связи подвижных абонентов с помощью технологии LTE. Технология LTE отличается более высокой скоростью передачи информации и высокое качество работы.

4.2 Компания и отрасль

LTE –интернет, обеспечивающей высокоскоростной интернет пользователей мобильного интернета четвертого покаления.Технология LTE позволяет передавать данные со скоростью в десять раз больше, превышающей скорость предыдущих технологий.Спецификация LTE позволяет обеспечить скорость загрузки до 326,4 Мбит/с, скорость отдачи до 172,8 Мбит/с, а задержка в передаче данных может быть снижена до 5 миллисекунд. LTE поддерживает полосы пропускания частот от 1,4 МГц до 20 МГц и поддерживает как частотное разделение каналов (FDD), так и временное разделение (TDD).На сегодняшний день количество пользователей интернета растет значительно.

Для интернета мобильногоширокополостного доступа используются следующие мобильныые технологии связи: WCDMA/HSPA (3.5 G), HSPA+ (3.75 G) и LTE и WiMax (4G

Цель в создании технологии LTE:

- повышение высокоскоростных возможностей сотовой связи;
- снижение стоимости документооборота;
-увеличение скорости интернет в обмене документов;
-улучшение существующей системы;
-предоставление других услуг доступными ценами.

В данной работе рассматривается оборудование различных производителей: «Alcatel – Lucent», и линейка оборудования для развертывания покрытия «HuaweiTechnologies».

4.3Спектр услуг, предоставляемых сетями LTE

Услуги, предоставляемые сетями LTE, имеют более широкий спектр по сравнению с сетями 2G/3G. В первую очередь это связано с высокой пропускной способностью сети и повышенной скоростью передачи данных, а так же с переходом на концепцию «все через IP». Основными услугами, предоставляемых сетью LTE являются следующие:

- пакетная передача речи;

- передача Интернет-файлов;
- доставка электронной почты;
- передача мультимедийных сообщений;
- мультимедийное вещание, включающее в себя потоковые услуги, услуги по загрузке файлов, телевизионные услуги;
- потоковое видео;
- VoIP и высококачественные видеоконференции;

4.4Анализ рынка сбыта

Рынок сбыта представляет собой абонентов, которые проживают в городе Арал. При условии выполнения покрытия большей части города в короткие сроки вероятность заполучить большое количество абонентов огромная. На рынке Казахстана в данное время несколько крупных операторов сотовой связи – «Beeline», «K-Cell», «Tele2». В данной работе рассматривается оператор «Алтел», с планируемыми тарифными планы и дополнительными услугами, единственный в Казахстане предоставляющий услуги связи технологии LTE.

4.5 Менеджмент

АО «Казахтелеком» – крупнейший оператор связи Республики Казахстан, имеет региональные подразделения в каждой области страны и предоставляет широкий спектр инфокоммуникационных услуг по всей территории страны.

АО «Алтел», с 2006 года входящее в группу компаний АО "Казахтелеком", традиционно является пионером внедрения новых технологий на рынке Казахстана. В 2010 году АЛТЕЛ первым в республике внедрил 3G интернет, а в 2012 году был запущен 4G. Сегодня Алтелпризнаный лидер на рынке мобильной передачи данных.

Эксперты во всем мире видят будущее именно за 4G, и телекоммуникационные отрасли разделяют эти взгляды.

Требуемые обородование для организаций сети LTEи их цены приведены в таблице 4.1.

Таблица4.1-Требуемые оборудование и их цены

Наименование оборудования	Кол-во	Цена, тыс. тенге	Общая цена, тыс. тенге
Базовая станцияAlcatel-Lucent 700 LTE	3	7850000	23550000
Башня базовой станции	3	100000	300000
Коммутатор OmniStackLS 6224	1	885000	885000

МаршрутизаторAlcatel-Lucent 7750 SR	1	2025000	2025000
Мультисервиснаяплатформа ASR 5000 PCS3	1	52500000	52500000
ИБЭП-220/48(60)-60источник питания	3	902000	2706000
Всего	-		81966000

4.6 Стратегия маркетинга

Цели и задачи стратегии маркетинга предприятия на рынке:

-появление экономически эффективных решений для небольших сегментов рынка;

- появление таких видов услуг связи как передача данных (скоростной Интернет), мобильное телевидение, передача голоса (универсальная услуга связи);

- максимальное использование диапазона арендуемых частот, путем увеличения емкости приемо-передающего оборудования;

- создавать при необходимости увеличения надежности связи сеть, дополняющую существующие проводные средства телефонной связи.

4.7Капитальные вложения

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

$$К_{\Sigma} = К_{0} + К_{М} + К_{тр} + К_{пр}, \quad (4.1)$$

где $К_{О}$ – капитальные вложения на приобретение основного оборудования;

$К_{М.}$ – расходы по монтажу оборудования;

$К_{ТР}$ – транспортные расходы;

$К_{ПР}$ – затраты на проектирование

Таблица 4.2- Капитальные вложения проекта

Наименование статей	Сумма, тенге
Затраты на оборудование , (Ко)	81966000
Транспортные расходы , (Ктр, составляют 6 процентов от стоимости всего оборудования)	4098300
Монтаж оборудования, пуско-наладка производится инженерами-монтажниками, расходы составляют 8 % от стоимости всего оборудования	6557280
Расходы по проектированию и разработке проекта составляют 10 % от стоимости всего оборудования	8196600
Всего	100818180
Непредвиденные затраты (10 %)	1008118
Общие капитальные вложения	110899998

Таблица 4.3 –Расходы для организаций рабочих мест

Наименование	Сумма, тенге	Кол-во	Сумма, тенге
Компьютер(стац.)	68 000	2	136 000
Ноутбук	100 000	1	100 000
Офисные столы	10 000	2	20 000
Принтер, ксерокс, Сканер	20 000	2	40 000

Продолжение таблицы 4.3

Наименование	Сумма, тенге	Кол-во	Сумма, тенге
Стулья	3 500	2	7 000
Шкаф	3 500	1	3 500
Всего			306500
Непредвиденные затраты (10 %)			30650
Общие капитальные вложения			337 150

Таблица 4.4–Капитальное вложение

Наименование	Сумма, тенге
Оборудование, установка и транспортные вложение	110899998
Вножение на организация рабочих мест	337150
Всего	111237148

Капитальное вложение

К=110899998+337150=111237148тенге.

4.8Доходы предприятия

Доходы предприятия – это денежные средства, получаемые за предоставляемые услуги. Доход от предоставления услуг – средства, которые

предоставляются в распоряжение предприятия за выполненный объем услуг и служат источником покрытия затрат и образования прибыли.

Доход от предоставления услуг сотовой связи и Интернет:

$$ΣД=ΣN_{ij}·T_{ij}·12 \quad (4.2)$$

где N - количество абонентов;

T – тариф на услугу;

i - категория абонентов;

j - категория услуги.

Доход от подключения новых абонентов:

$$ΣД=ΣN_{ij} ·T_{ij} \quad (4.3)$$

где N - количество абонентов;

T - стоимость подключения.

Доступ в интернет через USB-LTE модем, ориентировочная стоимость тарифных планов показана в таблице 4.5.

Таблица 4.5 - Ориентировочная стоимость тарифных планов

Тарифный план	Скорость подключения	Цена на тариф , тенге/месяц	Порог	Для абонентов , $N_{аб.инт}$, %	Примерное число подключившихся пользователей
T1	до 1 Мбит/с	1750	-	35	761
T2	до 2 Мбит/с	2000	-	30	651
T3	до 4 Мбит/с	2500	50 Гб	25	543
T4	до 6 Мбит/с	3500	70 ГБ	10	217

В идеальном случае предположим, что в г. Арал 38 % населения будут использовать услугу доступа к сети Интернет. Однако кроме проектируемой нами сети 4G LTE в городе Арал уже имеются операторы предоставляющие подобные услуги 3G. Учитывая это, количества потенциальных абонентов возьмем для расчета только 7 % населения. Население города Арал составляет 31027 человек. Рассчитаем примерное количество подключившихся абонентов к проектируемой сети для доступа к сети Интернет через USB-LTE модем (N аб.инт):

$$N_{аб.инт} = 31027 \cdot 0{,}07 = 2172 \text{ человек.}$$

USB LTE модем для подключения к Интернету с помощью сервиса, общий доход определяется по следующей формуле 5.11(D_1) :

$$D_1 = [1750 \cdot 761 + 2000 \cdot 651 + 2500 \cdot 543 + 3500 \cdot 217] \cdot 12 = 57\ 009\ 000 \text{ тенге.}$$

Доход от продаж USB-LTE модемов определяется по следующей формуле, (D_2):

$$D_2 = N_{аб.инт} \cdot (Z_п - Z_з) \qquad (4.4)$$

где $Z_п$ – USB-LTEстоимость продажи модема, $Z_п$ =3500 тенге;
$Z_з$ – USB-LTEсвоя стоимость модемов, $Z_з$ = 1750 тенге;

$$D_2 = 2172 \cdot (3500 - 1750) = 3\ 801\ 000 \text{ тенге.}$$

Далее рассчитаем доход от предоставления услуг голосовой связи, передачи SMS, MMS и доступа к сети Интернет с помощью мобильного терминала.

По статистическим данным сотовой связью в сельской местностиКазахстана на начало 2014 г. пользуются 88% населения. В соответствии с этими данными, в городе Арал число абонентов составляет 27304 человек.

Основываясь на проделанном анализе предоставления услуг связи, можносказать, что в городе Арал осуществляют работу три компании-оператора мобильной связи. Следовательно, четвертой компанией-оператором мобильной связи, осуществляющей работу в городе Арал будет компания «Алтел».

Условно поделим абонентов сотовой связи между компаниями операторами поровну. Тогда количество абонентов мобильной связи проектируемой сети LTE составит: N аб.моб = 27304 = 6826 человек.

Педполагаемая стоимость услуг, предназначенных для услуг мобильной связи, приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 -Педполагаемая стоимость услуг, предназначенных для услуг мобильной связи

Виды услуг	Стоимость услуги, тенге
Входящие вызовы 1минута	$К_0$=0
Исходящие звонки на других операторов 1 минута	$К_1$ = 11
Исходящие звонки на городские номера1 минута	$К_2$ = 11
1 SMS, MMS	$К_3$ = 7
1МБ трафика	$К_4$ = 1

По статистике абоненты мобильной связи в среднем отправляют 15SMS/MMS в месяц, 10 МБ и 150 минут разговоров.Если взять в процентном соотнашении: 50% (75 минут) внутри сети, 40% (60 минут) на другие мобильные операторы , 10% (15минут)на городские номера.

Общий доход услуги мобильной связи (D3) определяется по следующей формуле:

$$D_3 = [K_0 \cdot 75 + K_1 \cdot 60 + K_2 \cdot 15 + K_3 \cdot 15 + K_4 \cdot 10] \cdot N_{аб.моб} \cdot 12, \quad (4.5)$$

$$D_3 = [0 \cdot 75 + 11 \cdot 60 + 11 \cdot 15 + 7 \cdot 15 + 1 \cdot 10] \cdot 6826 \cdot 12 = 84369360 \text{тенге.}$$

Общий объем тарифного дохода LTE линии, определяется по следующей формуле:

$$D_{общ} = D_1 + D_2 + D_3, \quad (4.6)$$

$$D_{общ} = 57\ 009\ 000 + 3801000 + 84369360 = 145179360 \text{тенге.}$$

4.9 Эксплуатационные расходы

В реализации проекта по организации сети LTE , требуются высококвалифицированные различные специалисты. Список работников, участвующих в организации проекта, указанны в таблице4.7.

Таблица 4.7 –Список работников

Наименование категории работников	Численность по штату, чел	Мес. ЗП, тенге	Итого по категории, тенге
Операторы абонентской службы	3	60000	180 000
Инженер-энергетик	1	90000	90 000
Инженер трансмиссии	1	90000	90 000
ИнженерeNodeB	1	70000	70 000
Инженер проектировщик	1	120000	120 000
Электромонтер	2	70000	140 000
Всего	690000		

Сумма затрат за год и составит фактическую себестоимость или велечену эксплуатационных расходов за год.

$$\Sigma Э = ФОТ + Ос + Э + Ао + М + Н, \quad (4.7)$$

где ФОТ – фонд оплаты труда всех работников предприятия;

Ос – социальный налог;

М – материальные затраты и запасные части (расходы на запасные части и текущий ремонт составляют 0,5 % от капитальных вложений);

Э – затраты на электроэнергию;

Ао – амортизационные отчисления;

Н – накладные расходы (косвенные расходы, сюда можно отнести все неучтенные расходы - управленческие, хозяйственные, затраты на обучение кадров, транспортные расходы). Обычно это 75 % от себестоимости.

Фонд оплаты труда (ФОТ)рассчитывается по формуле:

$$ФОТ = З_{осн} + З_{доп}, \quad (4.8)$$

где $З_{осн.}$ – основная заработная плата;

$З_{доп.}$ – дополнительная заработная плата.

Средняя заработная плата работника составляет 60 000 тенге.

Основная заработная плата за год составит:

$$З_{осн} = 690000 \cdot 12 = 8280000 \text{ тенге.}$$

Дополнительная заработная плата:

$$З_{доп} = 8280000 \cdot 0{,}3 = 2484000 \text{ тенге.}$$

Общий фонд оплаты труда за год составит:

$$ФОТ = 8280000 + 2484000 = 10\,764\,000 \text{ тенге.}$$

Расчет затрат по социальному налогу.

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

$$О_с = 0{,}11 \cdot (ФОТ - ПО), \quad (4.9)$$

где ПО – отчисления в пенсионный фонд;

ФОТ – фонд оплаты труда;

0,11 – ставка на социальные нужды.

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

$$ПО = 0{,}1 \cdot ФОТ, \quad (4.10)$$

$$ПО = 0.1 \cdot 10764000 = 1076400 \text{ тенге.}$$

Тогда социальный налог будет равен:

$$O_c = 0.11 \cdot (10764000 – 1076400) = 1065636 \text{ тенге.}$$

М - вещества, расход запасных частей, затрат капитала составляет 0,5%:

$$M = 0{,}005 \cdot 111237148 = 556186 \text{ тенге.}$$

Расчет затрат на электроэнергию.
Затраты на электроэнергию рассчитываем по формуле:

$$Э_Н = \sum (20 \cdot W), \qquad (4.11)$$

где 20 – цена кВТ/час;
W–кВт/сағат – расход электроэнергии на производстве.

Таблица 4.8 –Затраты на электроэнергию

Устройство	Кол-во	Мощность, кВт	Время работы	1кВт/час эл.энергии	Стоимость потребления эл.энергии
Базовая станция	3	0,145	8760	20	76212
Коммутатор	1	0,55			96359
Маршрутизатор	1	0,95			166440
ИБЭП-220/48(60)-60источник питания	3	1,2			157680
CiscoASR 5000 PCS3мультисервис	1	1			175203
Всего					671893

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

$$A = \frac{H_A \cdot \Sigma K}{100\%}, \qquad (4.12)$$

$$A = \frac{H_A \cdot \Sigma K}{100\%} = \frac{25 \cdot 111237148}{100} = 27809287 \text{ тенге.}$$

Разчет накладных затрат:

$$Н_{зат} = Э_Н + М + А + ФОТ + О_{С,} \qquad (4.13)$$

$Н_{зат}$ = 671893+ 556186 + 27809287+ 10764 000+ 1065636 =40867002.

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

$$Н = 0{,}75 \cdot Н_{Ш,} \qquad (4.14)$$

Н = 0,75·40867002= 30650251тенге.

Таким образом, годовые эксплуатационные расходы по формуле (4.7) составят:

∑Э =10764000+556186+27809287+671893+1065636+30650251=71517253 тг.

Таблица 4.9–Годовые эксплуатационные расходы

Наименование показателей	Сумма, тенге
ФОТ	10764000
Материалыидополнительные запчасти	556186
Амортизационные отчисления	27809287
Затраты на электроэнергию	671893
Отчисления на социальные нужды	1065636
Накладные расходы	30650251
Всего	71517253

Выше указанной таблицезатраты на организацию сети, годовой размер эксплуатационных расходов.В программе Microsoft Excel в виде диаграммы отражено доля каждых эксплуатационных затрат:

Рисунок 4.1 - Структура эксплуатационных затрат

4.10Расчет показателей экономической эффективности

Развитие предприятий связи, рассчитываются показатели эффективности экономики.

Беспошлинный прибыль от организации данного проекта,тенге:

$$П= D_{общ} – Э_{общ}, \quad (4.15)$$

где $D_{общ}$–общий доход, тенге;

$Э_{общ}$ -эксплуатационные расходы, тенге.

$$П = 145179360– 71517253=73662107 \text{ тенге.}$$

С прибыли 20% корпоративный налог изымается, то есть чистая прибыль, тенге:

$$ЧП =П \cdot 0,2 =58929686\text{тенге.}$$

Абсолютная экономическая эффективность сети составит:

$$Е =ЧП/К, \quad (4.16)$$

$$E = 58929686/111237148 = 0{,}53.$$

Расчетный срок окупаемости определяется как величина, обратной экономической эффективности:

$$T=1/E= 1/0{,}53 = 1{,}9 \text{ года.}$$

где Е -абсолютная экономическая эффективность;
Т -срок возврата капитальных вложений.

Таблица 4.10-Экономическая эффективность проекта организации сети LTE

Наименование показателей	Сумма, тенге
Капитальные затраты, тенге	111237148
Эксплуатационные затраты, тенге	71517253
Доходы от основных дел, тенге	145179360
Прибыль, тенге	73662107
Чистая прибыль, тенге	58929686
Абсолютная экономическая эффективность	0,53
Срок окупаемости (год)	1,9

4.11 Метод расчета абсолютной величины чистого дохода NPV

Так как срок окупаемости проекта больше года, необходимо произвести расчет с учетом дисконтирования. Определим капитальные вложения методом расчета абсолютной величины чистого дохода NPV.

Коэффициент PV – это коэффициент дисконтирования или норматив приведения.При расчете PV следует учитывать инфляционное изменение покупательной способности денег в течение рассматриваемого периода времени, необходимость обеспечения минимального гарантированного уровня доходности и риск инвестора.

Необходимо привести в сопоставимые условия и ставку дисконта принять равной 25 %, Е = 0,25. Современная стоимость денежного потока на протяжении экономической жизни проекта составит:

$$PV = \sum P_t \cdot \alpha_t \,, \tag{4.17}$$

где

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t} \,. \tag{4.18}$$

Определим коэффициент для первого года:

$$\alpha_1 = \frac{1}{(1+0{,}25)^1} = 0{,}8\,.$$

Определим коэффициент для второго года:

$$\alpha_2 = \frac{1}{(1+0{,}25)^2} = 0{,}64\,.$$

Определим коэффициент для третего года:

$$\alpha_3 = \frac{1}{(1+0{,}25)^3} = 0{,}513.$$

Подставим значения в формулу 6.20:

$$PV = 58929686 \cdot 0{,}8 + 58929686 \cdot 0{,}64 + 58929686 \cdot 0{,}513 = 115089677\,.$$

Тогда чистая приведенная стоимость проекта будет рассчитываться по формуле

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} PV - K_{вл}, \qquad (4.19)$$

где NPV – чистая приведенная стоимость, тенге;

PV_t– текущая стоимость доходов, тенге;

E – ставка дисконтирования;

КВ – капитальный вложения, тенге.

NPV=115089677-111237148=4852529тенге.

NPV больше нуля,следовательно,в течении своей экономической жизнипроект возместит первоначальные затраты и обеспечит получение прибыли.

Определим индекс рентабельности по формуле:

$$PI = PV / K, \qquad (4.20)$$

PI = 115089677/ 111237148 = 1,03.

Индекс рентабельности больше 1, значит, проект стоит принять. Определим дисконтированный период окупаемости DPP по формуле

$$DPP = t + \frac{K_{вл} - (П_1 + П_2 + \cdots + П_{n-1}}{П_n}, \qquad (4.21)$$

где t – год, за который капитальные вложения окупятся;

$К_{вл}$ – капитальные вложения;

П – прибыль по годам.

Внашем случае, вместо значений прибыли возьмем значение чистой прибыли с учетом дисконтирования. Учитывая, что по результатам вычисления без учета дисконтирования, проект окупится за 1,9 года, возьмем t=2

$$DPP = t + \frac{111237148 - 84858748}{30230929} = 2.8 \text{ года.}$$

Таким образом, с учетом дисконтирования, срок окупаемости увеличится до 2,8 года.

4.12Вывод по экономическому расчету

В этом разделе организации сети LTE в г. Арал бизнес-план составлен.Разработка системы беспроводной связи на базе технологии LTE городе Арал является выгодным, так как данный проект окупиться всего за 1,9 года, что является достаточно коротким сроком. Отметим, что срок окупаемости не должен превышать пяти лет.

Капитальные вложения составляют 111237148 тенге, и размер эксплуатационных затрат равен 71517253тенге. В результате успешного внедрения сети и выполнении ожидаемых прогнозов чистая прибыль от реализации услуг составит 58929686тенге.

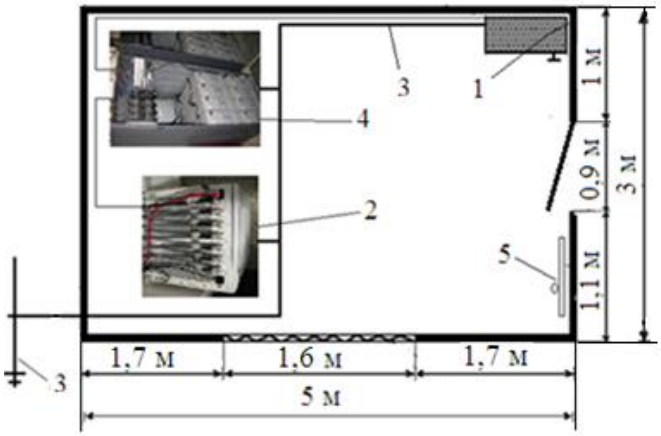
5 Безопасность жизнедеятельности

5.1 Анализ условий труда в промышленных помещениях

5.1.1 Общая характеристика базовой станции

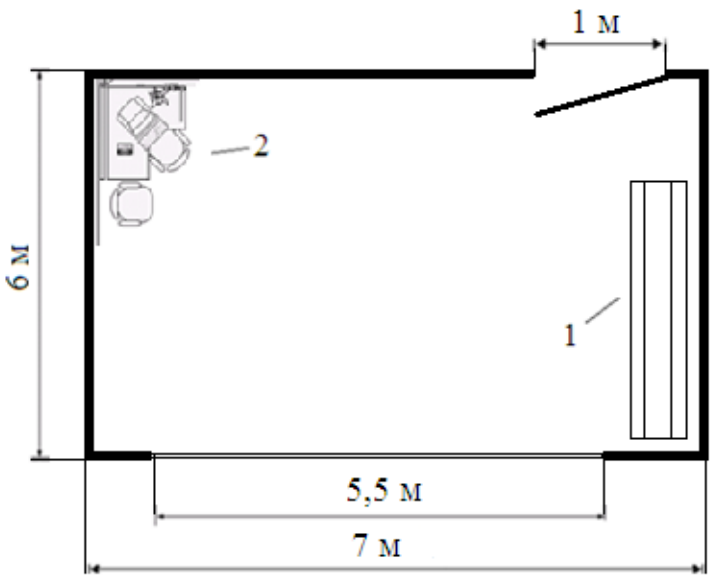
В данном дипломном проекте рассматривается проектирование системы мобильной связи с помощью технологии LTE в городе Арал. Структурой сети является создание одной базовой станций (БС) . Условием размещения БС является обеспечение сетью всего города и всех прилегающих районов в радиусе воздействия системы. Башня БС размещается в помещении ближайшем здании. В этом разделе, в качестве задания по обеспечению безопасности возле заземляющего оборудования рассматриваются опасности возникновения пожара и поражения человека электрическим током. При проведении необходимых технических работ и проверок необходимо обеспечить защиту здоровья и жизни работников от угрозы поражения током, либо по возможности свести к минимуму такую угрозу.

В городе Арал установлена БС, то есть антенна, а под антенной в одной комнате устанавливается устройство. Комната считается центром главного устройства, то есть, здесь располагается само устройство. При проектировании базовой станции основным рабочим местом считается операционная комната. План комнаты, в которой размещены инструменты, указан на рисунке 5.1,а на рисунке 5.2 изображен план коммутационной комнаты. Фактическое состояние условий труда оценивается в основных помещениях, где выполняются работы. Параметры комнат: длина – 5 м, ширина– 3 м, высота – 3м.



1- источник электроэнергии ; 2 – базовая станция; 3 – заземление; 4 – аккумулятор накапливающий электроэнергию; 5 – противопожарный щит

Рисунок 5.1 -План комнаты, в которой размещены инструменты



Здесь, где 1-шкаф; 2-место оператора.

Рисунок 5.2–План комнаты коммутационного центра

Параметры комнат:
- длина А=7 м;
- ширина В=6 м;
- высота Н=3,5 м;
- высота от пола до рабочей поверхности Не=1,5 м.

Площадь комнаты обслуживающего персонала составляет 42 м2. Планируется организовать семь рабочих мест в коммутационном центре.(один руководящий инженер и шесть дежурных операторов). Рабочий график руководящего инженера пять рабочих дней по восемь часов. Шесть дежурных операторов работают по трехсменному графику. Имеется перерыв на 60 минут вне рабочего времени на питание и отдых.

В процессе применения системы заземления проверяют на соответствие требованиям «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ).Для этого: повторное измерение заземляющего сопротивления заземляющего нейтрала и нулевого проводника, проверка состояния элементов заземляющих устройств, проверка целостности зануляющих узлов, в том числе между зануляющимися проводником и оборудованием, измерение сопротивления цепи «фаза – ноль». Должен осуществляться анализ источников возникновения пожаров и эффективный выбор противопожарной техники. К горючим веществ и материалам в помещении относятся: строительные материалы для акустической и эстетической обработки, двери, полы, изоляции сигнальных кабелей, обмотки радиотехнических деталей, изоляция соединительных шкафов и ячеек.

Выполняются требования ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов».

5.1.2Требования к проводимости защитного заземления

Заземление - отключение электрооборудования от сети при замыкании на корпус одного или нескольких фаз наладки. А также обеспечение безопасности человека в случае его прикосновения в аварийном случае к заземленному корпусу. Как было сказано выше, при расчете зануления проверяется его способность проводимости, а также оценивается опасность поражения человека электрическим током при прикосновении к корпусу в аварийной ситуации, [14].

Схема заземления показана на рисунке 5.2.

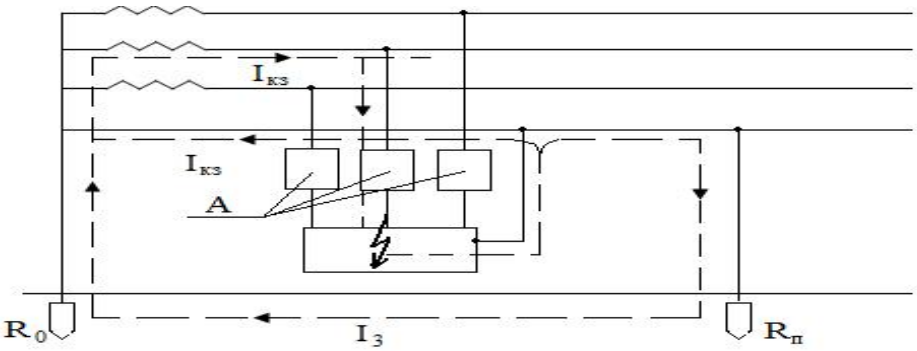


Рисунок 5.2 - Принципиальная схема сети переменного тока с заземлением

где,А–защитный аппарат (предохранитель или автомат выключатель);

R_0– нейтральное заземление;

$R_п$–повторное заземление;

Как показано на рисунке, ток короткого замыкания $I_{кз}$ в фазовом проводе зависит от фазовогонапряжения сети Uф и от полной цепи препятствий, выходящего из полного препятствия Zт/3 в обмотке трансформатора, а также от фазного проводника Zф, нулевого защитного проводника Zн, внешнего индуктивного сопротивления ХП, активного сопротивления повторного заземления проводника RП и заземления нейтрального трансформатора $R_{o.}$В разделе 5.2.1 показан расчет заземления с помощью этих параметров.

5.1.3Анализ источников возникновения пожара и эффективный выбор противопожарной техники

К горючим веществ и материалам в помещении относятся: строительные материалы для акустической и эстетической обработки, двери, полы, изоляции сигнальных кабелей, обмотки радиотехнических деталей, изоляция соединительных шкафов и ячеек.

Источниками пожаров могут быть, возникающие в результате разрушения элементов на ЭВМ электронные схемы, средства для технического обслуживания, устройства электропитания и другие горючие строительные материалы.

Установки пожарной техники подразделяются на передвижные, стационарные установки и огнетушители.

К передвижной пожарной технике относятся пожарные автомобили. Они предназначены для тушения пожаров большого размера на дальних расстояниях.

Стационарные установки предназначены для тушения пожара без участия человека. Они делятся на водяные, азотные, газовые, паровые и порошковые. Бывают автоматизированные или с ручным управлением.

Спринклерные и дренчерные установки относятся к оросительным водным автоматическим средствам пожаротушения.

Спринклерная установка является оросительной системой из труб, наполненная внутри водой и оборудованная спринклерными колпачками. Механизмы спринклерных колпачков оборудованы тугоплавкими замками плавящимися при определенной температуре. Под воздействием давления воды в системе выходят из механизмов колпачков и поливают оборудования и строительные материалы для тушения пожара.

Дренчерной установкой является система труб с установленными специальными дренчерными колпачками с диаметрами механизмов 8,10 и 12,7 мм, орошающих площадь пола 12 м2. Дренчерные установки могут быть с ручным управлением и автоматическим управлением. После запуска система труб наполняется водой и течет через механизм колпачков.

Огнетушители являются первоначальными средствами тушения загораний и пожаров. Они предназначены для тушения пожаров малого размера. В качестве огнетушащих веществ используются химические или воздушно– механические, диоксид углерода в жидком состоянии, или же порошки, имеющие в составе бром.

Пенные огнетушители типа ОП-5 предназначены для тушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, твердых горючих на площадях примерно 1 м2. Масса заряда – 9,1 кг, масса заряженного огнетушителя – 14,5 кг, пена– 90 л, время действия – 60 сек, дальность распространения 6-8 м.

Порошковый огнетушитель типа ОПС – 10 применяется для тушения небольших очагов пожара при горении щелочных металлов, кремниевых органических веществ и других соединений.

Газовые огнетушители типа ОУ – 2, ОУ – 5, ОУ – 8 предназначены для тушения небольших очагов пожара при горении горючих предметов, материалов, веществ и электрических установок, возгарающих без поступления кислорода из воздуха.

Здесь в качестве огнетушителя используется коррозия углерода, реже применяется азот и инертные газы [15].

В комнате БС в связи с ценными оборудованиями и техниками взаимодействующих с током,а также в связи с правилами пожарной безопасности установлен огнетушитель типа ОУ-5 для 15 $м^2$. Так как, площадь комнаты БС равна 15 $м^2$устанавливается один огнетушитель. В

качестве огнетушащего вещества используется смешанный состав углекислый хладон. Параметры для рабочего состояния автоматического средства пожаротушения описаны в разделе 5.2.2.

5.1.4 Параметры естественного освещения на рабочем месте

Выбор параметров освещения рабочего места зависит от характера работы.

В зависимости от напряжения зрительного аппарата при выполнении работы освещенность на предприятиях делят на восемь разрядов - от наивысшей точности до общего наблюдения за ходом производственного процесса. В случае, если расстояние от работника до механизма меньше 0,5 м, рабочий разряд по размеру объекта различения (d), если больше 0,5 м, то расстояние от объекта различения до глаз определяется отношением (d/L). На нашей территории есть пять лучевых поясов, соответственно коэффициенты естественного освещения разные, то есть ТЖКI,II,III,IV,V=ТЖКIII*m*c. Здесь c и m коэффициенты светового климата и дня.

КЕО значения освещения на рабочем месте естественного и искусственного света приводятся в специальной таблице. Коэффициенты светового климата также определяется специальным графиком. [16].

Естественный свет дается невидимой в оптическом спектре ультрафиолетовым и инфра освещением. Длина волны ультрафиолетового излучения бывает от 0,1 до 0,38 мкм, видимые 0,38 до 0,78 мкм, инфракрасный 0,78-3,4 мкм.

Ультрафиолетовое излучение оказывает биологически положительное влияние на организм человека, в частности это выражается потемнением кожи. Нежелательно интенсивное распыление высокого ультрафиолетового излучения, так как приводит к выгоранию кожи, попадая в глаз фокусируется в чувствительной хрусталике зрачка, в тяжелых случаях может привести к потере зрения.

Естественное освещение также оказывает психологическое воздействие на организм человека. В связи с этим и в соответствии с условиями санитарных норм во всех помещениях устанавливаются естественное освещение.

Естественное освещение - это освещение, создаваемое направленным или рассеянным солнечным светом или светом неба, проникающим через световые проёмы помещения.

Спектральный состав освещения считается наиболее удобной. Естественное освещение – рассчитывается коэффициентом естественной освещенности (КЕО).

5.1.5 Вентиляция

По своему составу внутри помещения воздух, температура и влажность может изменяться под влиянием различных факторов: внешних (атмосферных) параметров, от изменения воздуха, человекаи технологических

устройств, тепла, влаги, пыли, в результате разделения ядовитых газов. В результате воздействия этих факторов воздух в помещений может негативно влиять на людей или создавать помехи для нормальной работы технологического процесса. В этом случае загрязненный воздух из помещения вытесняется, заменяясь относительно чистым, в основном наружным воздухом. Таким образом, основная цель вентиляции - обеспечение воздухообмена для поддержания расчетных параметров воздуха внутри помещения.

Вентиляция обеспечивает санитарно-гигиенические условия воздушной среды в помещении, благоприятные для здоровья и самочувствия человека, отвечающие требованиям санитарных норм, технологических процессов[17].

Общая вентиляции в помещении предназначена заменить выделяемые вредные вещества наружным воздухом. А местная вентиляция используется для очищения источников образования вредных веществ (газа, пара,и т.д.) с помощью вытяжных средств. Этот метод может используется для создания благоприятной воздушной среды только на ограниченном пространстве.Вентиляция бывает естественной, создаваемая воздействием ветра и температур (например, аэрация сооружения), а также путем механического воздействия (приводятся в движение через вентиляторы), то есть механическая вентиляция.

5.2 Расчетный раздел

5.2.1Расчет заземления

Основные значения для расчета:

1)P=5 кВт – мощность электроэнергии получаемая устройством от трансформатора;

2)U=380 В – переменное напряжение работающего устройства;

3)ААШвУ параметры кабеля 4х6:

ρ=0,028 (Ом·мм/м) – собственное сопротивление алюминия;

S=6 мм - поперечное сечение проводника;

l=200 м – длина проводника;

4)R=1000 Ом – сопротивление тела человека;

5)k=1,4 – коэффициент номинального тока;

Внутреннее индуктивное сопротивление проводников алюминия и меди $X_ф$ и $X_н$ сравнительно мала, поэтому их можно не учитывать [18].

Линия нулевой фазы контура внешнего индуктивного сопротивления на единицу НР для двухпроводной линии с проводами одинакового диаметра круглого поперечного сечения 2r рассчитывается по следующей формуле:

$$X'_n = wL = w\frac{\mu_0 l}{\pi}\ln\frac{d}{r} \quad \text{Ом/м}, \qquad (5.1)$$

где w - угловая частота, $w = 2 \cdot \pi \cdot f = 314$ рад/с;

L - линия индукции;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м;

l – длина линии;

d – расстояние между проводниками, м

r - радиус проводника, м;

Следовательно

$$X'_n = 3{,}14 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot 2{,}3 \cdot \ln\frac{d}{r} = 0{,}29 \cdot \ln\frac{d}{r} \text{ Ом/км.} \qquad (5.2)$$

Если значение тока удовлетворяют следующим требованиям, установка автоматически отключается при замкнутой электрической нулевой фазе на корпус:

$$I_{КТ} > \kappa \cdot I_{НОМ} \qquad (5.3)$$

где к – коэффициент деления номинального тока;

$I_{НОМ}$ – номинальный ток.

Комплексное выражение для Iкз будет в этом случае следующим:

$$I_{КТ} = U_ф / (Z_Т / 3 + Z_ф + Z_Н + jX_П) \qquad (5.4)$$

где Zт – комплекс полного сопротивления обмоток трехфазного источника тока (трансформатора);

Zф=Rф jXф – комплекс полного сопротивления фазного проводника;

Zн=Rн jXн – комплекс полного сопротивления нулевого проводника;

Rф, Rн – активные сопротивления фазного и нулевого проводников;

Xф, Xн – внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников;

Xп – внешнее индуктивное сопротивление контура (фазный проводник – нулевой проводник).

Эту формулу можно записать следующим образом:

$$I_{КТ} = U_ф \Big/ (Z_Т / 3 + \sqrt{(R_ф \pm R_Н)^2 + (X_ф + X_Н + X_П)^2}) \qquad (5.5)$$

Для расчета Iкт в первую очередь необходимо выбрать тип и марку кабеля,после чего необходимо провести расчеты, связанные с характеристикой кабеля.

Поскольку каждая фаза потребления мощности не превышает 5 кВт довести все расчеты для одной фазы. Номинальный ток этой фазы выглядит следующим образом:

$$I_{НОМ} = (5 \cdot I_{ЖКТ})/2{,}5 \qquad (5.6)$$

где $I_{ЖКТ}$ – ток нагрузки

$$I_{ЖУКТ} = P/(\sqrt{3 \cdot U \cdot \cos\varphi}), \qquad (5.7)$$

где P =5000 Вт;
U =380 В;
$\cos\varphi$=0,8.

$$I_{ЖКТ} = 5000/(\sqrt{3 \cdot 380 \cdot 0{,}8}) = 9{,}5A.$$

Из этого потребляемый номинальный ток:

$$I_{НОМ} = (5 \cdot 9{,}5)/2{,}5 = 19A.$$

Для максимальной защиты применяются автоматические выключатели. k=1.4, по формуле:

$$k \cdot I_{НОМ} \geq 1{,}4 \cdot 19 = 27A.$$

Для электроснабжения цеха сборки достаточно масляного трехфазного трансформатора двадцати пяти киловатт. Zт = 0.906 Ом выбираем двадцати пяти ваттный трансформатор. Подбираем подходящий кабель ААШвУ 4х6. Этот кабель сделан из алюминия. Значения активного сопротивления алюминиевого проводника определяется следующим образом:

$$R_{Ф} = \rho \cdot l/S, \qquad (5.8)$$

где ρ = 0.028 (Ом х мм/м) – сопротивление самого алюминия;
l – длина проводника (м);
S – сечение проводников(мм).
Активное сопротивление фазового проводника:

$$R_{Ф} = R_{H} = 0{,}028 \cdot 200/6 = 1 Ом.$$

Внутреннее индуктивное сопротивление проводников из алюминия Хф очень мало(0.0156 Ом/км), поэтому его можно не учитывать. Значения сопротивлении $X_{Н}$ және $X_{П}$ тоже очень малы и тоже не учитываются. Тогда необходимое присоединение защиты $I_{КТ}$ определяется следующим образом:

$$I_{T} = 220 \Big/ (Z_{T}/3 + \sqrt{(R_{Ф} \pm R_{H})^{2}}), \qquad (5.9)$$

$$I_{T} = 220 \Big/ (0{,}906/3 + \sqrt{(1 \pm 1)^{2}}) = 51A.$$

Для обеспечения способности системы автоматического выключения должны быть выбраны автоматические выключатели. Значение Iкз должно отвечать следующим требованиям:

$$I_{T} > k \cdot I_{НОМ}, \qquad (5.10)$$

$$51 > 27.$$

В этом случае контактное напряжение:

$$U_{K} = I_{T} \cdot Z_{H}, \qquad (5.11)$$

$$U_{K} = 51 \cdot \sqrt{1} = 51B.$$

Ток, проходящий через тело человека:

$$I_{h} = U_{K}/R_{h}, \qquad (5.12)$$

где Rh – сопротивление тела человека (R_h=1000 Ом),

$$I_{h} = 51/1000 = 5{,}1 мА.$$

По результатам расчетов при использовании заземления величина тока, проходящего через тело человека - 5,1 мА, а сопротивление тела человека Rh=1000 Ом. Это значение тока для человека не опасно.

5.2.2 Расчет параметров для обеспечения нормального функционирования системы автоматического пожаротушения

Для тушения больших объемов пожара расчетный вес состава углекислого газа – хладон определяется из следующего выражения [19]:

$$m_d = k_6 \cdot g_n \cdot V, \qquad (5.13)$$

где k_6 = l,2 - коэффициент возмещения потерь ,рассчитанный исходя из состава углекислый газ – хладон;

g_n= 0,4 кг/м3, нормативная массовая концентрация состава углекислого газа- хладона;

V – площадь помещения.

$$V = A \cdot B \cdot H, \qquad (5.14)$$

где: A = 5 м – длина комнаты;

B = 3 м – ширина комнаты;

H = 3 м – высота комнаты.

Тогда: $V = 5 \cdot 3 \cdot 3 = 45 м^3$

Из этого следует:

$$m_d = 1.2 \cdot 0.4 \cdot 45 = 21{,}6 \text{ кг.}$$

Расчетное количество баллонов ξ_2 определяется вместимостью 25 кг состава углекислый газ – хладон в 40-литровый баллон. Поэтому устанавливается два баллона.

Внутренний диаметр d_i, мм магистральной трубы определяется по формуле:

$$d_i = d_l \cdot \sqrt{\xi_2}, \qquad (5.15)$$

где d_l - диаметр сифонной трубы баллона, мм;

ξ_2 количество одновременно заряжаемых баллонов.

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

Длина альтернативного магистрального газопровода , м , определяется по следующей формуле :

$$l_2 = k_7 \cdot l, \qquad (5.16)$$

k_7 =1,2- коэффициент увеличения длины трубопровода для компенсации не учитываемых местных потерь

l= 3м – проектная длина трубы.

Тогда:

$l_2 = 1.2 \cdot 3 = 3{,}6$ м.

площадь сечения оросительных отверстии $A_3, мм^2$, определяется по формуле:

$$A_3 = \frac{S}{\xi_1} \tag{5.17}$$

где S - площадь сечения магистральной трубы, $мм^2$;

ξ_1 - количество оросителей.

$$A_3 = \frac{3.14 \cdot 8.5^2}{1} = 226.865 \text{ мм}^2.$$

Расход состава углекислый газ – хладон Q, кг/с связан с проектной длиной трубы и ее диаметром , равен 1,4 кг/с.

Масса основной части состава углекислый газ – хладон определяется по формуле:

$$m = 1.1 \cdot m_d \cdot \left(1 + \frac{k_8}{k_6}\right), \tag{5.18}$$

где k_8 = 0,2 – коэффициент остатка состава углекислого газа – хладон, оставшегося в баллоне и в трубопроводе;

k_6 - берется из таблицы.

В результате:

$$m = 1.1 \cdot 21.6 \cdot \left(1 + \frac{0.2}{1.2}\right) = 27{,}72 \text{ кг.}$$

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы, для обеспечения нормальной работы системы автоматического пожаротушения требуется 1 баллон состава углекислый газ – хладон емкостью 40 литров и рабочим давлением 12,5 МПа. В комнате установлен 1 ороситель с продолжительностью выпуска заряда 0,26 с.

Заключение

В дипломном проекте был рассмотрен один из вариантов организации беспроводного доступа в городе Арал с использованием технологии LTE. Отмечалась важность развития инновационных технологий беспроводной связи и проникновение доступа в сеть Интернет в малые города.

В дипломном проекте дана общая характеристика района планирования сети LTE. Приведено краткое технико-экономическое обоснование планирования сети LTE, в ходе которого выбран «универсальный» вариант строительства сети. Также проведен краткий анализ ситуации предоставления услуг связи жителям города по разным технологиям.

Проведен расчет пропускной способности сети. Главным исходным значением расчета явилась спектральная эффективность технологии LTE, которая заявлена в 3GPP Release 9. Частотный диапазон для планируемой сети выбран, тип дуплекса – частотный FDD. Также проведен расчет количества абонентов, которое сможет обслужить планируемая сеть.

Проведен выбор оборудования сети LTE. В качестве управляющего оборудования сети LTE выбрано решение компании «Alcatel-Lucent», которое реализуется с помощью мультисервисной платформы «ASR 5000 PCS3». В качестве оборудования радиодоступа выбрана базовая станция «Alcatel-Lucent 700» компании «Alcatel-Lucent», которая является наиболее универсальной из тех, что предлагают другие компании-производители базовых станций для сетей LTE.

В разделе безопасность жизнедеятельности был выполнен расчет заземления устройства и расчет пожаротушения.

В экономической части дипломной работы проведен расчет капитальных вложений, чистой прибыли и рентабельности. Срок окупаемости капитальных затрат составит около двух лет.

Развитие беспроводных технологий связи за последние десять лет сделало огромный скачок вперед. Скорость предоставления беспроводного доступа возросла в десятки раз. Широкий спектр услуг, высокое качество обслуживания, достаточно высокая мобильность – вот чем отличаются современные беспроводные сети связи. Разработка технологии LTE, я считаю, сделала первый шаг на пути к полному отказу от фиксированной связи в сельской местности.

Список сокращений

GSM – глобальная система мобильной радиосвязи
eNB – базовая станция LTE
E-UTRAN – сеть радиодоступа LTE
FDD – дуплекс с частотным разделением каналов
GERAN – сеть радиодоступа стандарта GSM/EDGE
HSPA – технология беспроводной широкополосной радиосвязи, которая использует пакетную передачу данных в сетях WCDMA/UMTS
IMS – мультимедийная система передачи данных на основе протокола IP
MIMO – технология с помощью N антенн и их приема M антеннами
OFDM –мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов
SAE – архитектура ядра сети, разработанная для LTE
SC-FDMA – множественный доступ с мультиплексированием с частотным разделением передачи на одной несущей
TDD – дуплекс с временным разделением направлений

Список литературы

1 Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б. Сети мобильной связи LTE. Технологииархитектура, 2010.

2 E.Dahlman, Parkvall S, Skold J. 3G Evolution. HSPA and LTE for Mobile Broadband.- Great Britain, 2007. – 430 с.

3. Печаткин А. В. Системы мобильной связи. Часть 1.- Рыбинск: РГАТА, 2008.

4. Варукина Л.И. Планирование сетей LTE, технические предпосылки объединения операторов. MForum.ru, 2010.

5. Баева Н.Н, Многоканальная электросвязь и РРЛ: Учебник для вузов. – М.:Радио и связь, 2000

6. Бабков В.Ю.Общие подходы к задачам планирования и оптимизации 2G - 4G сетей подвижной связи, С-П, 2011.

7. Гельгор А.Л, Попов Е.А. Технология LTE мобильной передачи данных: учеб. пособие,— С. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. — 204 с.

8. Варукина Л.И. Производительность сети TD-LTE в сравнении с WiMAX.MForum.ru, 2010.

9. Мясковский Г.М. Системы производственной радиосвязи: Справочник. - М.: Связь, 1980.

10. Коньшин С.В., Сабдыкеева Г.Г. Теоретические основы систем связи с подвижными объектами: Учебное пособие. – Алматы: АИЭС, 2002.

11. Андрианов В.И., Соколов А.В. Сотовые, пейджинговые и спутниковые средства связи. – СПб.: БХВ Петербург Арлит, 2001.

12. Волков А. Н, Рыжков А. Е, Сиверс М. А. UMTS. Стандарт сотовой связи третьего поколения —С.: Издательство “Линк”, 2008.—224 с.

13. Макаров С. Б, Певцов Н. В, Попов Е. А, Телекоммуникационные технологии: введение в технологии GSM. —М. : Издательский центр “Академия”, 2006.—256 с.

14. Хакимжанов Т.Е. Жандаулетова Ф.Р., БЖД. Дипломное проектирование. Расчет воздухопровода и выбор вентилятора. – Алматы: АИЭС, 2006. – 22 с.

15. Спивак Г.И. Шепелев А.Г. Электробезопасность на предприятиях связи.- М. Радио и связь. М. Энергоатомиздат, 1984. -448с.

16. Волков О. М. Пожарная безопасность вычислительных центров. – М.: Стройиздат, 1990. – 416 с.

17. Баклашов Г.Д, Под ред. А.Р, Охрана труда на предприятиях связи: Учебник.Естественное и искусственное освещение. Часть 4. Козловского. - А.:1994. - 123с

18. Акинчев Н.В. Общеобменнаявентиляция цеховс тепловыделениями – М. Стройиздат. 1984

19. Хакимжанов Т.Е, Сборник задач по охране труда и безопасности жизнедеятельности. - Алматы: Эверо, 2007.

20. Алибаева С.А., Методические указания к экономической части дипломного проекта для специальности (для всех форм обучения, направление 652400 – радиоэлектроника и телекоммуникации).- Алматы. АИЭС. 2009

21. Ратынский М.В. Основы сотовой связи / Под ред. Д.Е. Зимина. - М.: Радио и связь, 2000.

22. Волков О.И, Экономика предприятий связи. – М.: Экономика, 2005

23. Н.П. Резникова, Маркетинг в телекоммуникациях. – М.: Эко-Трендз, 2002

24. Буров В.П., Новиков О.И., Бизнес-план: методика составления. – М.: ЦИПКК, 2004

25. http://ngconnect.org/

26. http://www.alcatel-lucent.com/lte

27. http.//www.altel4G.kz

28. http.//www.alcatel.ru /products/networks/all/

Приложение А
Расчеты в программе «MathCAD 14»

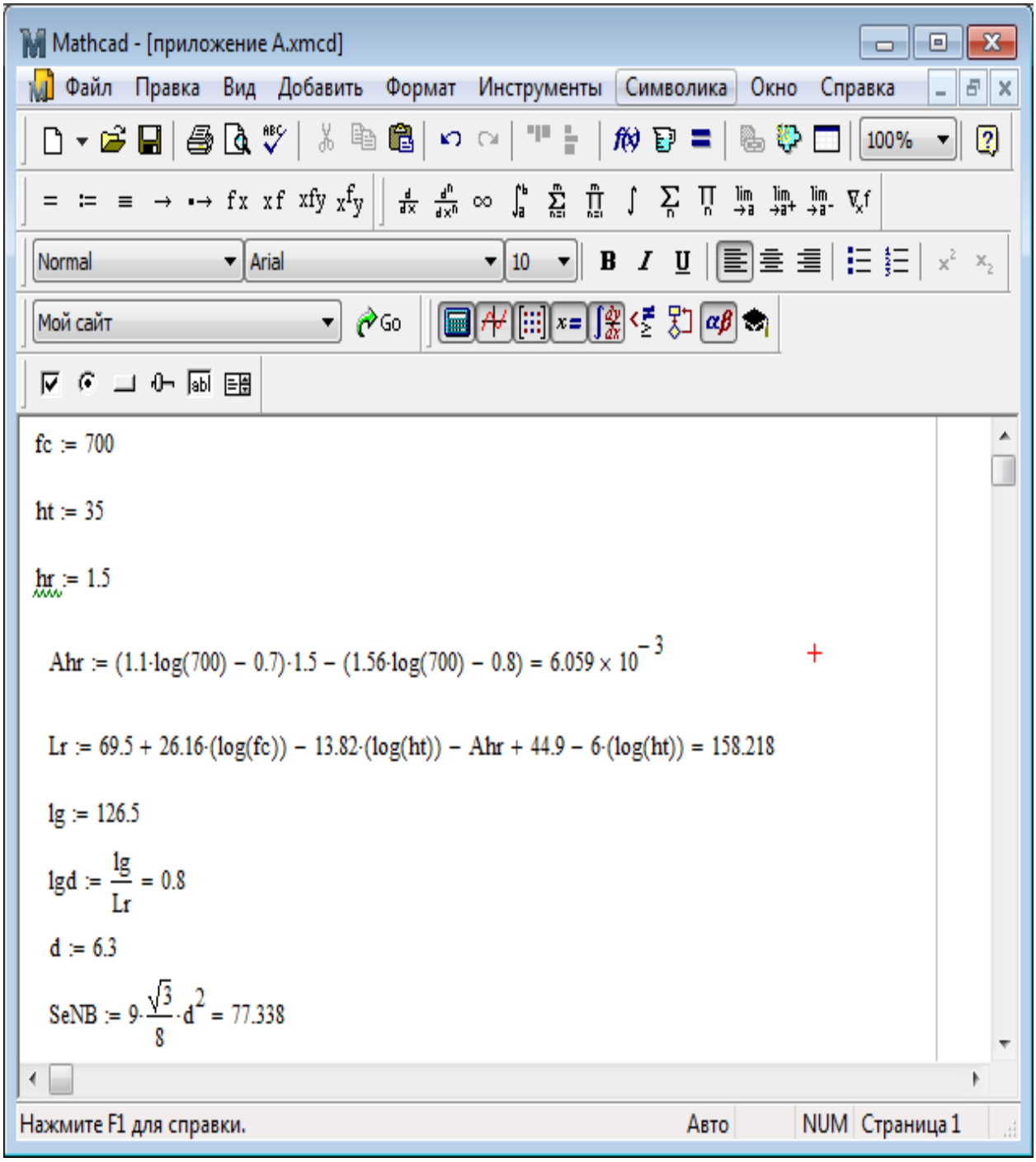
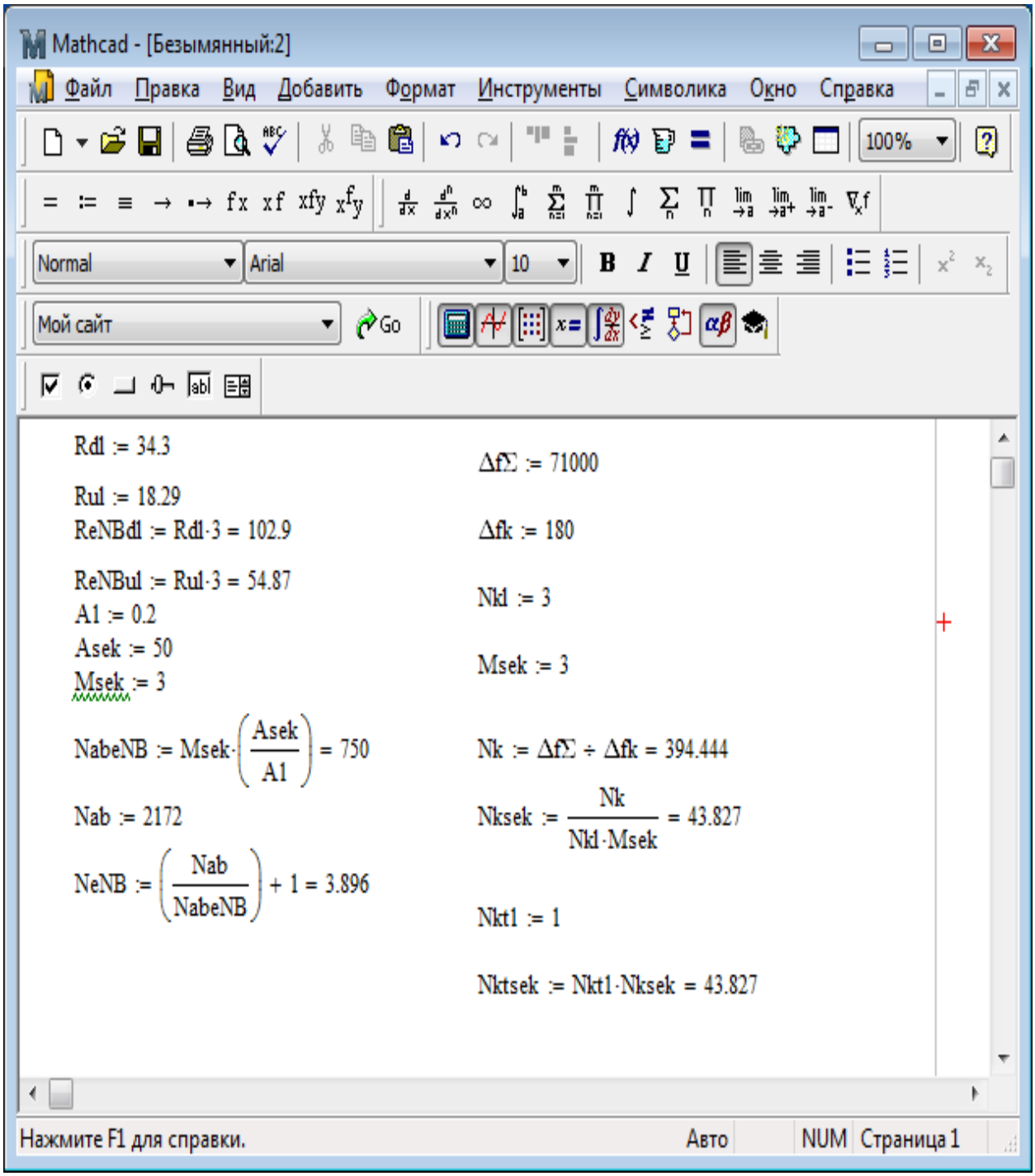


Рисунок А.1 – Окно программы «MathCAD 14», в котором показаны расчеты средней пропускной способности, численность каналов, численности абонентов обслуживаемых одной БС и расчеты необходимого количества БС

Приложение Б
Расчеты в программе «MathCAD 14»



РисунокБ.1 - Окно программы «MathCAD 14», с помощью которой был произведен расчет среднего затухания радиосигнала и площади покрытия трехсекторной БС

Приложение В

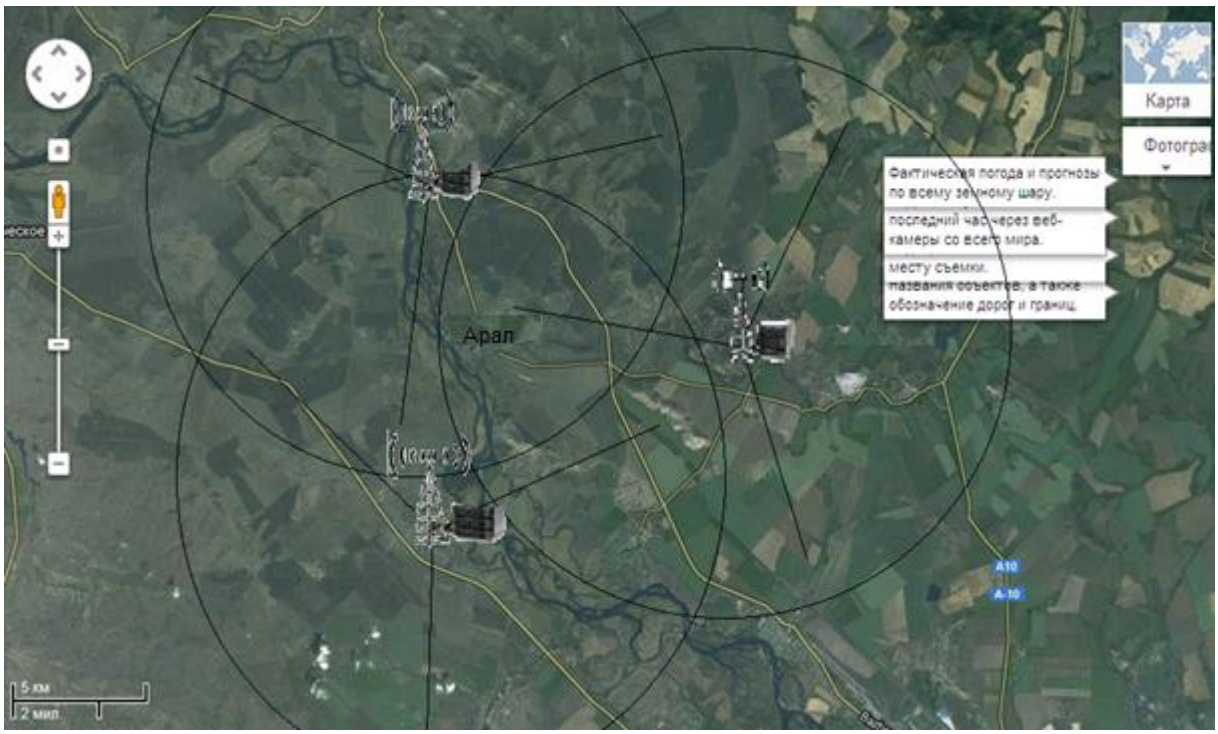


Рисунок В.1 - Карта расположения проектируемых базовых станций сети LTE в городе Арал

Приложение Г

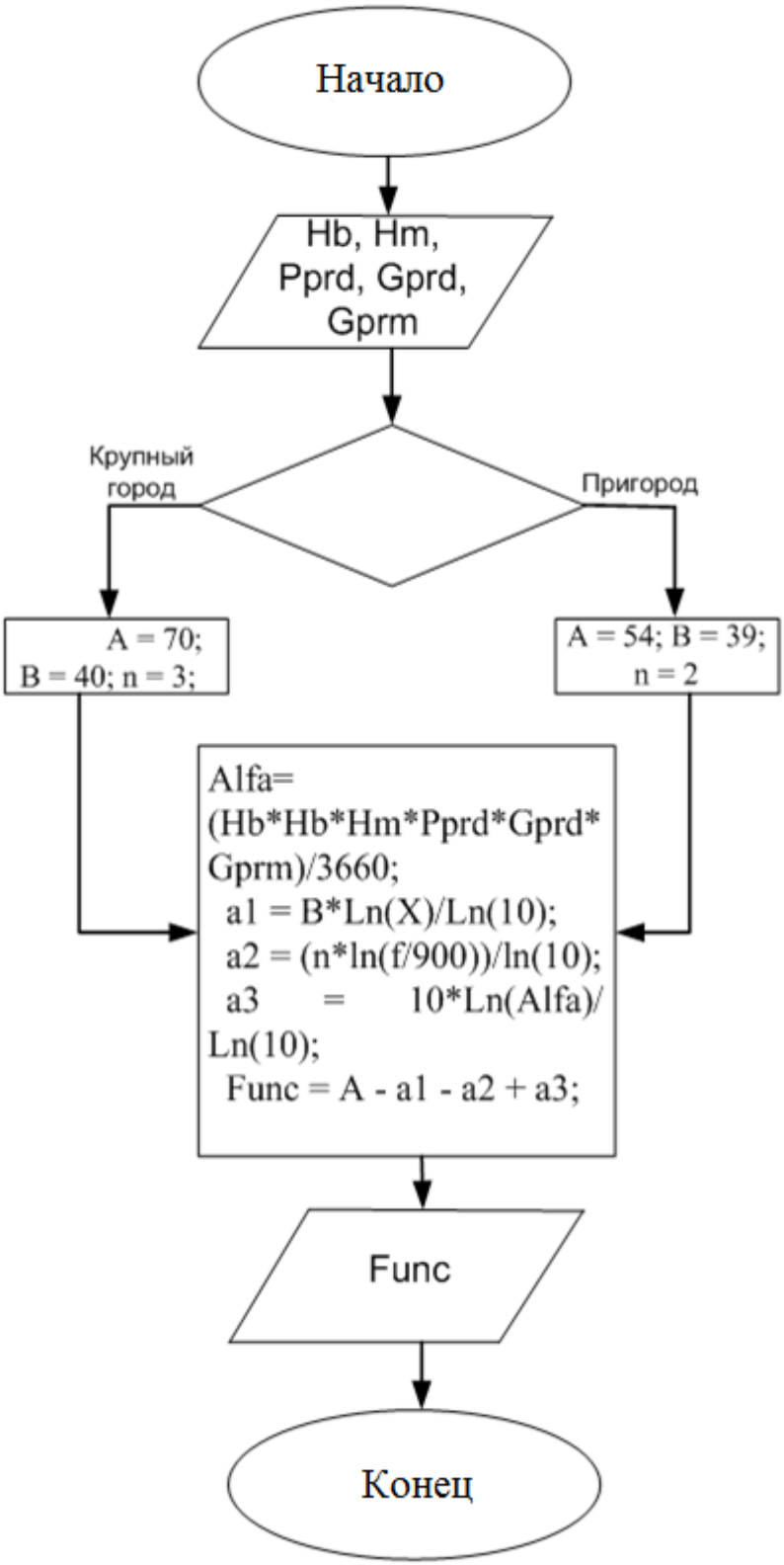


Рисунок Г.1 - Блок схема мощности принимаемого сигнала.

Приложение Д
Расчеты в программе Delphy

Листинг расчета мощности принимаемого сигнала в программе Delphy:

```
unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls;
type
  TForm1 = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Label2: TLabel;
    Edit2: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Edit3: TEdit;
    Label4: TLabel;
    Edit4: TEdit;
    Label5: TLabel;
    Edit5: TEdit;
    Label6: TLabel;
    Edit6: TEdit;
    Image1: TImage;
    Button1: TButton;
    RadioButton1: TRadioButton;
    RadioButton2: TRadioButton;
    Label7: TLabel;
    Edit7: TEdit;
    Label8: TLabel;
    Button2: TButton;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1
```

```
Implementation
{$R *.DFM}

Function Func(X:real) : real;
 var
 A, B, n : integer;
 f, Hb, Hm, Pprd, Gprd, Gprm : real;
 Alfa, R1 : real;
 a1, a2, a3 : real;
 begin
 If Form1.RadioButton1.Checked Then
    begin
  A := 70; B := 40; n := 3;
    end
  else  begin A := 54; B := 39; n := 2 end;
   f := StrToFloat(Form1.Edit1.Text);
  Hb := StrToFloat(Form1.Edit2.Text);
  Hm := StrToFloat(Form1.Edit3.Text);
  Pprd := StrToFloat(Form1.Edit4.Text);
  Gprd := StrToFloat(Form1.Edit5.Text);
  Gprm := StrToFloat(Form1.Edit6.Text);
  Alfa := (Hb*Hb*Hm*Pprd*Gprd*Gprm)/3660;
  a1 := B*Ln(X)/Ln(10);
  a2 := (n*ln(f/900))/ln(10);
  a3 := 10*Ln(Alfa)/Ln(10);
  Func := A - a1 - a2 + a3;
 end;
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var
R,x  : real;
h, w, x0, y0,yo : integer;
x1, x2, y1, y2 : real;
y , dx: real;
l, b :integer;
mx, my : real;
dly, dlx : real;
begin
if (edit1.text<>'') and (edit2.text<>'') and (edit3.text<>'') and (edit4.text<>'') and
(edit5.text<>'')and (edit6.text<>'')and (edit7.text<>'') then
begin
```

```
x0 := 30; y0 := 340;
R := StrToFloat(Form1.Edit7.Text);
 Form1.Label8.Caption := 'Мощностьпринимаемогосигналанарасстоянии ' +
FloatToStrF(R,ffFixed,3,2) + ' км'
+ '  '+FloatToStrF(Func(R),ffFixed,3,2) +' дБ';
 dx := 0.01;
 x1 := 0.005;
 x2 := 35; X := x1;
  y1:= Func(X2);
 y2 := Func(x1);
 h := 320; w := 490;
 my := h/Abs(y2-y1); mx := w/x2;
 l := 30; b := 340;
 x0 := 30; y0 := b;
with Form1.Image1.Canvas Do
   begin
   Brush.Color:=clwhite;
   rectangle(0,0,545,361);
   MoveTo(x0, y0); LineTo(520,340);
   MoveTo(x0, y0); LineTo(x0,10);
   repeat
   y := Func(x);
   Pixels[X0+Round(x*mx),y0-Round(y*my)] := clRed;
   x := x + dx;
   until (X >=X2);
   x := 5;  y := 10;
   dlx := 5; dly := 10;
   repeat
   MoveTo(Round(mx*x),y0-3); LineTo(Round(x*mx),y0+3);
   Pen.Style := psDot;
   MoveTo(Round(mx*x),y0+3); LineTo(Round(mx*x),30);
   TextOut(Round(mx*x)-8, y0+5, FloatToStrF(x,ffFixed,2,0));
   x := x +dlx;
    until (X > X2);
    repeat
    MoveTo(x0-3,y0-Round(y*my)); LineTo(x0+3,y0-Round(y*my));
   TextOut(x0-20, y0-5-Round(y*my), FloatToStrF(y,ffFixed,3,0));
    Pen.Style := psDot;
    MoveTo(x0+3, Round(y*my)); LineTo(520, Round(y*my));
   y := y +dly;
```

```
if y > 150 then break;
   until (y > y2);
   TextOut(510,345,'R,км');
TextOut(20,4,'Рпр, дБм');
   end;

end
else
showmessage('Введитевседанные');
end;
procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;

end.
```