## ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие различных технологий связи, как фиксированной, так и мобильной, вызвано, в первую очередь, повышенным интересом людей к сети Интернет. Огромная роль сети Интернет в современном мире обмена информации неоспорима и не нуждается в подтверждении. С помощью глобальной сети люди имеют возможность работать, учиться, общаться, обмениваться данными, просматривать потоковые видеофайлы, прослушивать аудиозаписи, а также пользоваться в режиме онлайн всевозможными услугами коммерческих компаний и государственных учреждений.

В России распространение доступа к сети Интернет вызывает трудности, в первую очередь, по причине обширности территории. В городах нашей страны к глобальной сети может подключиться любой желающий, исходя из своих потребностей, выбрав удовлетворяющий его тариф. При чем у городского жителя есть выбор между проводным и беспроводным доступом. Но в сельской местности дело обстоит намного хуже. Операторы связи не стремятся телефонизировать села и обеспечивать услуги доступа в Интернет, а та связь, что предоставляется, за частую вызывает нарекания. Обеспечение сельской местности высокоскоростным выходом в сеть Интернет является одним из аспектов Федеральной целевой программы «Социальное развитие села до 2015 года». Решение этой задачи приведет к еще более бурному развитию агропромышленного комплекса, повышению качества образования в сельской местности, а так же способствует притоку молодых специалистов всех сфер деятельности в село.

Для решения этой проблемы можно пойти разными путями. Можно использовать для доступа в сеть Интернет спутниковую связь, организовать доступ с помощью проводных линий связи или с помощью мобильной связи. Спутниковый доступ не удовлетворяет скоростью и слишком дорог. Доступ с помощью проводных линий возможен только при наличии на селе цифровых АТС, но по данным Федеральной службы государственной статистики за осень 2011 года цифровизация сельской местности страны составила не более 63% и продвигается медленными темпами. Доступ с помощью мобильной связи стал возможен с приходом стандартов EDGE/GSMи UMTS/HSPA, но скорость первого слишком мала для комфортной работы в сети Интернет, а действие второго зачастую не распространяется на сельскую местность по двум причинам: во-первых, мобильные операторы, в первую очередь, стараются охватить городскую местность и, во-вторых, дальность действия сигнала в диапазоне 1920-2100 МГц не высока, поэтому, чтобы охватить большие территории придется строить огромное количество базовых станций, что экономически не выгодно.

Одним из перспективных вариантов обеспечения сельской местности высокоскоростным доступом в сеть Интернет – это построение сетей сотовой подвижной радиосвязи четвертого поколения (4G). Самым подходящим стандартом 4G для решения этой задачи является технология беспроводного доступа LTE.

LTE (отангл.LongTermEvolution – эволюция в долгосрочной перспективе) – технология построения сетей беспроводной связи, созданная в рамках проекта сотрудничества в создании сетей третьего поколения 3GPP (3GPartnershipProject). Основными целями разработки технологии LTE являются: снижение стоимости передачи данных, увеличение скорости передачи данных, возможность предоставления большего спектра услуг по более низкой цене, повышение гибкости сети и использование уже существующих систем мобильной связи. Главное отличие стандарта LTE от других технологий мобильной связи заключается в полном построении сети на базе IP-технологий. Радиоинтерфейс LTE обеспечивает улучшенные технические характеристики, включая максимальную скорость передачи данных более 300 Мбит/с, время задержки пересылки пакетов менее 5мс, а также значительно более высокую спектральную эффективность по сравнению с существующими стандартами беспроводного мобильного доступа третьего поколения (3G).

## Глава 1. Аналитическое обзор технологии LTE.

## 1.1 Развитие технологии LTE

Разработка технологии LTE как стандарта официально началась в конце 2004 года. Перед исследователями встал вопрос о выборе технологии физического уровня, которая бы обеспечила высокую скорость передачи данных. Были предложены два варианта: W-CDMA, уже использующуюся в сетях HSPA, и OFDM – новая технология радиоинтерфейса. После проведенных исследований было решено использовать технологию OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов.

В мае 2006 года в рамках проекта 3GPP была создана первая спецификация на радиоинтерфейсE-UTRA (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access). Эта спецификация вошла в основу 3GPPRelease 7. В декабре 2008 года была утверждена версия стандартов 3GPPRelease 8, которая фиксировала архитектурные и функциональные требования к системам LTE. В середине 2009 года появились первые опытные системы на основе LTE. В конце 2009 года шведская телекоммуникационная компания TeliaSonera, совместно с Ericsson объявила о запуске первой в мире коммерческой сети в Стокгольме и Осло. На сегодняшний день сети стандарта LTE развернуты в более чем 80 странах мира и их число быстро увеличивается.

## 1.2 Краткое рассмотрение основных параметров технологии LTE

Стандарт LTE представляет собой обладающий большой гибкостью эфирный интерфейс. Тип сети носит название E-UTRAN – EvolvedUniversalTerrestrialRadioAccessNetwork (развивающаяся универсальная наземная сеть радиодоступа). Ниже приведены основные параметры технологии LTE.

1. Технология множественного доступа:

* прямой канал (Downlink – DL) – OFDMA;
* обратный канал (Uplink – UL) – SC-FDMA;

1. Рабочий диапазон частот: 450 МГц; 700 МГц; 800 МГц;

1800 МГц; 2,1 ГГц; 2,4 - 2,5 ГГц; 2,6 - 2,7 ГГц.

1. Битовая скорость:

* прямой канал (DL) MIMO 2TX×2RX: 100 - 300 Мбит/с;
* обратный канал (UL): 50 - 172,8 Мбит/с.

1. Ширина полосы радиоканала: 1,4 - 20 МГц.
2. Радиус ячейки: 5 – 30 км.
3. Емкость ячейки (количество обслуживаемых абонентов):

* более 200 пользователей при полосе 5 МГц;
* более 400 пользователей при полосе больше 5 МГц.

1. Мобильность: скорость перемещения до 250 км/ч.
2. Параметры MIMO:

* прямой канал (DL): 2TX×2RX, 4TX×4RX;
* обратный канал (UL): 2TX×2RX.

1. Заначение задержки (latency): 5мс.
2. Спектральная эффективность: 5 бит/сек/Гц.
3. Поддерживаемые типы модуляции:

* прямой канал (DL): 64 QAM, QPSK, 16 QAM.
* обратный канал (UL): QPSK, 16 QAM.

1. Дуплексное разделение каналов: FDD, TDD.

## 1.3 Сетевая архитектура стандарта LTE

Архитектура сети LTE разработана таким образом, чтобы обеспечить поддержку пакетного трафика с «бесшовной» мобильностью, минимальными задержками доставки пакетов и высокими показателями качества обслуживания. Основной целью разработчиков стандарта LTE были максимально возможное упрощение структуры сети и исключение дублирующих функций сетевых протоколов, характерных для системы 3GUMTS.

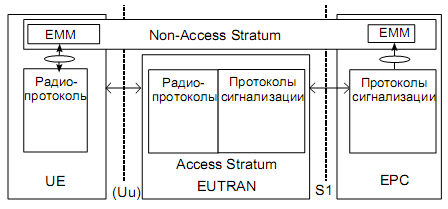


Рисунок 1.1- Обобщенная структура сети LTE

В архитектуре стандарта LTE все сетевое взаимодействие происходит между двумя узлами: базовой станцией (eNB) и блоком управления мобильностью (MME), который включает в себя сетевой шлюз GW (Gateway).

На физическом уровне сеть LTE состоит из двух компонентов: сети радиодоступа E-UTRAN и базовой сети SAE (SystemArchitectureEvolution).

Сеть E-UTRAN состоит из базовых станций eNB. Базовые станции являются элементами полносвязной сети и соединены между собой по принципу «каждый с каждым». Каждая eNB имеет интерфейс S1 с базовой сетью SAE, построенной по принципу коммутации пакетов. На eNB в сетях LTE возложены следующие функции: управление радиоресурсами, шифрование потока пользовательских данных, маршрутизация в пользовательской плоскости пакетов данных по направлению к обслуживающему шлюзу, диспетчеризация и передача вызывной и вещательной информации, измерение и составление отчетов для управления мобильностью.

Рисунок 1.2 - Архитектура базовой сети SAE

SAE Anchor

3GPP

Anchor

MME/UPE

Внешние

IP-сети

Сеть

E-UTRAN

Сети стандарта не-3GPP

PCRF

HSS

SGSN

Сети 3G

Сети 2G

Базовая сеть SAE, называемая еще EPC (EvolvedPacketCore), содержит узлы MME/UPE, состоящие из логических элементов ММЕ и UPE. Логический элемент MME (MobilityManagementEntity) отвечает за решение задач управления мобильностью абонентского терминала и взаимодействует с базовыми станциями с помощью протоколов плоскости управления C-plane. Кроме этого, MME распределяет сообщения вызова (paging) к eNB, управляет протоколами плоскости управления, назначает идентификаторы абонентским терминалам, обеспечивает безопасность сети, проверяет подлинность сообщений абонентов и управляет роумингом.

Логический элемент UPE (UserPlaneEntity) отвечает за передачу данных пользователей согласно протоколам плоскости пользователя U-plane. Элемент UPE выполняет следующие функции: сжатие заголовков IP-протоколов, шифрование потоков данных, терминацию пакетов данных.

Архитектура базовой сети SAE представляет собой пакетныйPS-домен системы LTE, который предоставляет как голосовые, так и всю совокупность IP-услуг на основе технологий пакетной коммутации данных. В основу базовой сети SAE положена концепция «все через IP» и то обстоятельство, что доступ к ней может осуществляться как через сети радиодоступа второго и третьего поколений (UTRAN/GERAN), так и через сети не-3GPP (WiMAX, Wi-Fi), а так же через сети, использующие проводные IP-технологии (ADSL+, FTTH).

## 1.4 Радиоинтерфейс сети LTE

Радиоинтерфейс сети LTEE-UTRAN поддерживает оба метода дуплексного разнесения каналов: частотныйFDD и временной TDD. Функционирование сетей LTE может осуществляться в частотных диапазонах с различной шириной. Сигналы нисходящего и восходящего направлений могут занимать полосы от 1,4 до 20 МГц в зависимости от количества активных ресурсных блоков. Передача информации в восходящем и нисходящем направлениях организована в кадрах, длительность которых равна 10 мс. Кадры подразделяются на более мелкие временные структуры – слоты.

В режиме с частотным разнесением FDD кадр делится на 20 слотов, нумеруемые от нулевого до 19-го, каждый из которых имеет длительность 0,5 мс. В режиме FDD временной ресурс в пределах кадра разделен пополам для передачи в противоположных направлениях. Физические каналы в режиме FDD в противоположных направлениях имеют обязательный дуплексный разнос. Режим временного разнесения каналов TDD имеет асинхронную природу. Передача данных в режиме TDD происходит одновременно в обоих направлениях в одном диапазоне частот.

Особенностью радиоинтерфейса в линии «вниз» сети E-UTRAN является использование технологии множественного доступа OFDMA – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением. Одна из основных целей использования технологии OFDMA является борьба с помехами, вызванных многолучевым распространением сигнала, так как OFDM-сигнал рассматривается как множество медленно модулируемых узкополосных сигналов, а не как один быстро модулируемый широкополосный сигнал. Технология OFDM основана на формировании многочастотного сигнала, состоящего из множества поднесущих частот. При формировании OFDM-сигнала поток последовательных информационных символов длительностью Ти/N разбивается на блоки, содержащие N символов; Ти – длительность одного символа. Блок последовательных информационных символов преобразуется в блок параллельных символов, в котором каждый информационный символ соответствует определенной частоте многочастотного сигнала.

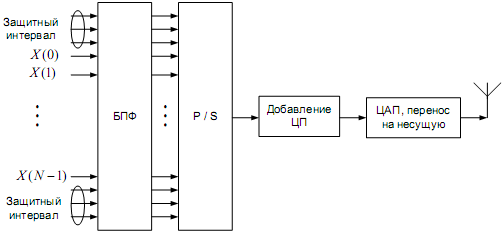


Рисунок 1.3 - Структурная схема формирования OFDM-сигнала

В линии «вниз» сети E-UTRAN применяют следующие виды модуляции: QPSK, 16 QAM, 64 QAM. При формировании OFDM/QAM-сигнала используется дискретное обратное быстрое преобразование Фурье(ОБПФ). Формирование OFDM-сигнала в передатчике базовой станции сети LTEE-UTRAN показано на рисунке 1.3.

Для борьбы с межсимвольной интерференцией используются циклические префиксы ЦП (СР). Применяют короткие и длинные префиксы, длительность которых 4,7 мкс и 16,7 мкс соответственно.

Для линии «вниз» сети E-UTRAN определены три физические и четыре транспортных каналов:

* PDCCH (PhysicalDownlinkControlChannel) – физический канал управления «вниз»;
* PDSCH (PhysicalDownlinkSharedChannel) – общий транспортный физический канал линии «вниз», предназначенный для передачи данных и мультимедиа с высокой скоростью;
* ССРСН (CommonControlPhysicalChannels) – общий физический канал управления, передает служебную информацию;
* ВСН (BroadcastCannel) – транспортный вещательный канал;
* РСН (PagingCannel) – транспортный канал вызова (пейджинга);
* DL-SCH (DownlinkSharedChannel) – общий транспортный канал линии «вниз»;
* MCH( MulticastChannel) – транспортный канал вещания в группе.

В линии «вверх» радиоинтерфейса сети LTEE-UTRAN используется технология SC-FDMA (SingleCarrier-FrequencyDivisionMultipleAccess) – множественный доступ с мультиплексированием с частотным разнесением передачи на одной несущей. Схема передачи данных с помощью технологии SC-FDMA показана на рисунке 1.4.

Рисунок 1.4 - Передача данных с помощью технологии SC-FDMA

Модулятор

FFT

Размещение по поднесущим

IFFT

Добавление ЦП

Удаление ЦП

FFT

Эквалайзер

IFFT

Демодулятор

Для исключения взаимного влияния пользователей в линии «вверх» сети E-UTRAN вводятся циклические префиксы, а также используются эффективные эквалайзеры в приемных устройствах. Распределение частотного ресурса между абонентами осуществляется ресурсными блоками, каждому из которых соответствует полоса частот 180 кГц, что при разносе между соседними поднесущими частотами в 15 кГц соответствует 12 поднесущим. Максимальное количество доступных ресурсных блоков зависит от выделения системе диапазона частот, значение которого может доходить до 20 МГц.

В линии «вверх» сети LTEE-UTRAN используются три физических и два транспортных каналов:

* PRACH (PhysicalRandomAccessChannel) – физический канал произвольного доступа;
* PUCCH (PhysicalUplinkControlChannel) – физический канал управления «вверх»;
* PUSCH (PhysicalUplinkSharedChannel) – физический распределительный транспортный канал линии «ввер

## Глава 2. Основные техническое характеристика технологии LTE

## 2.1 Радиочастотный спектр технологии LTE

Рабочими группами Партнерского проекта 3GPP и ETSI в технических спецификациях для LTE определены 17 полос радиочастот для режима частотного дуплекса FDD и 8 полос для режима временного дуплекса TDD, которые показаны в таблице 2.1.

**Таблица 2.1- Диапазоны частот для сети радиодоступа E-UTRA**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номера рабочих диапазонов | Диапазон частот, МГц | | Вид дуплекса |
| Линия «вверх»  (UL) | Линия «вниз»  (DL) |
| 1 | 1920 - 1980 | 2110 - 2170 | FDD |
| 2 | 1850 – 1910 | 1930 – 1990 | FDD |
| 3 | 1710 – 1785 | 1805 – 1880 | FDD |
| 4 | 1710 – 1755 | 2110 – 2155 | FDD |
| 5 | 824 – 849 | 869 – 894 | FDD |
| 6 | 830 – 840 | 875 – 885 | FDD |
| 7 | 2500 – 2570 | 2620 – 2690 | FDD |
| 8 | 880 – 915 | 925 – 960 | FDD |
| 9 | 1749,9 – 1784,9 | 1844,9 – 1879,9 | FDD |
| 10 | 1710 – 1770 | 2110 – 2170 | FDD |
| 11 | 1427,9 – 1452,9 | 1475 – 1500,9 | FDD |
| 12 | 698 – 716 | 728 – 746 | FDD |
| 13 | 777 – 787 | 746 – 756 | FDD |
| 14 | 788 – 798 | 758 – 768 | FDD |
| 17 | 704 – 716 | 734 – 746 | FDD |
| 18 | 815 – 830 | 860 – 875 | FDD |
| 19 | 830 – 845 | 875 – 890 | FDD |
| 33 | 1900 – 1920 | | TDD |
| 34 | 2010 – 2025 | | TDD |
| 35 | 1850 – 1910 | | TDD |
| 36 | 1930 – 1990 | | TDD |
| 37 | 1910 – 1930 | | TDD |

Из таблицы видно, что диапазоны, предназначенные для развития сетей LTE, уже освоены или осваиваются в России для работы сетей мобильной связи и беспроводного доступа различных технологий. Поэтому, создание в России LTE-сетей сопровождается трудностями с выбором и получением разрешения на использование частотного диапазона. Таким образом, будущее внедрения сетей LTE в России связано с необходимостью реформирования использования радиочастотного спектра на основе национальных процедур его высвобождения и перепланирования.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 января 2011 года № 57-р распределены полосы частот для перспективных радиотехнологий, включая LTE. Это диапазоны 800 – 900 МГц; 2,3 – 2,4 ГГц; 2,5 – 2,7 ГГц. 8 сентября 2011 года на заседании Государственной комиссии по радиочастотам (ГКРЧ) полосы радиочастот 791 – 862 МГц,

2500 – 2690 МГц, 2300 – 2400 МГц определены для создания на территории Российской Федерации сетей связи LTE и последующих его модификаций.

## 2.2 Взаимодействие стандарта LTE с UMTS/GSM и стандартами

## не-3GPP

Поддержка мобильности абонентского терминала при его перемещении из зоны обслуживания одной сети в зону обслуживания другой – является важной задачей, возникающей при взаимодействии сети LTE с сетями мобильной связи стандартов 3GPP (UMTS/GSM/HSPA+). Взаимодействие сети LTE с сетями 3GPP заключается в обеспечении дискретной мобильности (роуминга) и обеспечения непрерывной мобильной связи (хэндовера).

Основными интерфейсами взаимодействия сети LTE с сетями 3GPP являются интерфейсы S3, S4 и S12. Данные интерфейсы обеспечивают взаимодействие логического элемента управления мобильностью MME и шлюза S-GW сети LTE с сервисным узлом SGSN сетей 3G с помощью туннельного протокола GTP (GPRSTunnellingProtoсol). Протокол GTP предназначен для передачи данных плоскости управления (протокол GTP-C) и для передачи данных плоскости пользователя (протокол GTP-U). В условиях роуминга шлюз S-GW визитной сети взаимодействует с шлюзом

P-GW (шлюз взаимодействия с пакетными сетями) домашней сети.

Взаимодействие сети LTE с другими 3GPP для оказания традиционных услуг телефонии осуществляется с помощью как традиционной технологии коммутации каналов (TDM), так и технологии коммутации пакетов на базе сервисной подсистемы IMS.

Хэндовер между сетью LTE и другой сетью 3GPP при осуществлении голосового вызова происходит с помощью взаимодействия логического элемента MME с сервером MSC по интерфейсу Sv в случае вызовов из сети LTE в традиционный домен коммутации каналов (CS-домен); и с помощью взаимодействия логического элемента MME с узлом SGSN по интерфейсу S3 в случак голосового вызова из сети LTE в домен коммутации пакетов (PS-домен).

Взаимодействие сети LTE с сетями не-3GPP разделяется на взаимодействие с сетями с гарантированной безопасностью – «надежными» и взаимодействие с сетями с негарантированной безопасностью – «ненадежными». В качестве «надежных» сетей могут выступать присоединенные сети других стандартов (cdma2000, WiMAX), в качестве «ненадежных» - публичные IP-сети Интернета. Взаимодействие сети LTE с «надежными» сетями стандартов не-3GPP осуществляется посредством шлюза P-GW, взаимодействие с «ненадежными» сетями – посредством шлюза ePDG.

С учетом концепции построения базовой сети EPC «все через IP» мобильность абонентского терминала при взаимодействии сети LTE с сетями не-3GPP основана на протоколах управления мобильностью в IP-сетях:

* протоколы управления мобильностью на базе хостов - HBM (HostBasedMobility) – MIPv4, DSMIPv6;
* протоколы управления мобильностью на базе сети – NBM (NetworkBasedMobility) – PMIPv6.

Идентификация абонентского терминала по IP-адресу и маршрутизация осуществляется так же как в IP-сетях.

## 2.3 Использование технологии MIMO в сетях LTE

Технология MIMO в сетях LTE играет одну из важных ролей в обеспечении высоких скоростей передачи данных.

MIMO (MultipleInputMultipleOutput – множественный вход – множественный выход) – технология, которая представляет собой беспроводной доступ, предусматривающая использование нескольких передатчиков и приемников для одновременной передачи большего количества данных. Технология MIMO использует эффект передачи радиоволн, называемый многолучевым распространением, когда передаваемые сигналы отражаются от множества объектов и препятствий и принимающая антенна воспринимает сигналы под разными углами и в разное время.С применением технологии MIMO становится возможным увеличить помехоустойчивость каналов связи, уменьшить относительное число битов, принятых с ошибкой.Работа систем MIMO может быть организована по двум принципам: по принципу пространственного уплотнения и по принципу пространственно-временного кодирования.

В первом случае различные передающие антенны передают различные части блока информационных символов или различные информационные блоки. Передача данных ведется параллельно с двух или с четырех антенн. На приемной стороне производится прием и разделение сигналов различных антенн. Во втором случае, со всех передающих антенн осуществляется передача одного и того же потока данных с использованием схем предварительного кодирования.

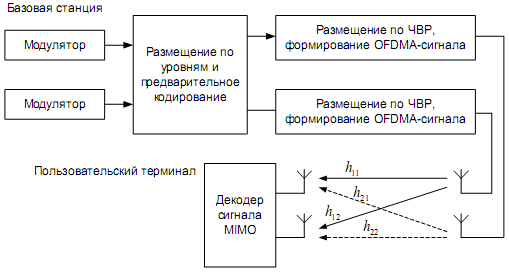
Антенные конфигурации технологии MIMO могут принимать симметричные (2×2, 4×4) и несимметричные (1×2, 2×4) значения. На рисунке 1.4 показана структурная схема MIMO-системы с двумя передающими и двумя принимающими антеннами, реализованная по принципу пространственно-временного кодирования.

Рисунок 2.1 Структурная схема MIMO-системы 2×2

## 2.4 Спектр 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;
* онлайн-игры через мобильные и фиксированные терминалы различных типов;
* мобильные платежи с высокой передачей реквизитов и идентификационной информа

При планировании сети LTE, в первую очередь, необходимо определить каким образом будут реализованы решения построения транспортной сети и сети радиодоступа E-UTRA. Примером построения сети LTE может служить схема, показанная на рисунке 2.2

Для сравнения выберем три основных варианта организации связи:

1. Построение сети LTE«с чистого листа». В этом случае компания-оператор связи осуществляет строительство полностью всех объектов связи, которые будут включены в сеть LTE.

Построение сети LTE способом аренды всех компонентов связи у сторонних операторов, за исключением оборудования базовых станций. Арендуемыми объектами будут: вышки для базовых станций и все компоненты транспортной сети.

1. Построение сети LTEуниверсальным способом. Этот вариант включает в себя оба способа построения сети, приведенные выше.

Предположим, что оператором связи, осуществляющим проектирование сети LTE является компания, которая уже занимается предоставлением услуг фиксированной связи и имеющая развитую транспортную сеть в районе планирования. Такой компанией-оператором в ……. районе может выступать ОАО «Ростелеком». В этом случае идеально подходит универсальный способ построения сети LTE.

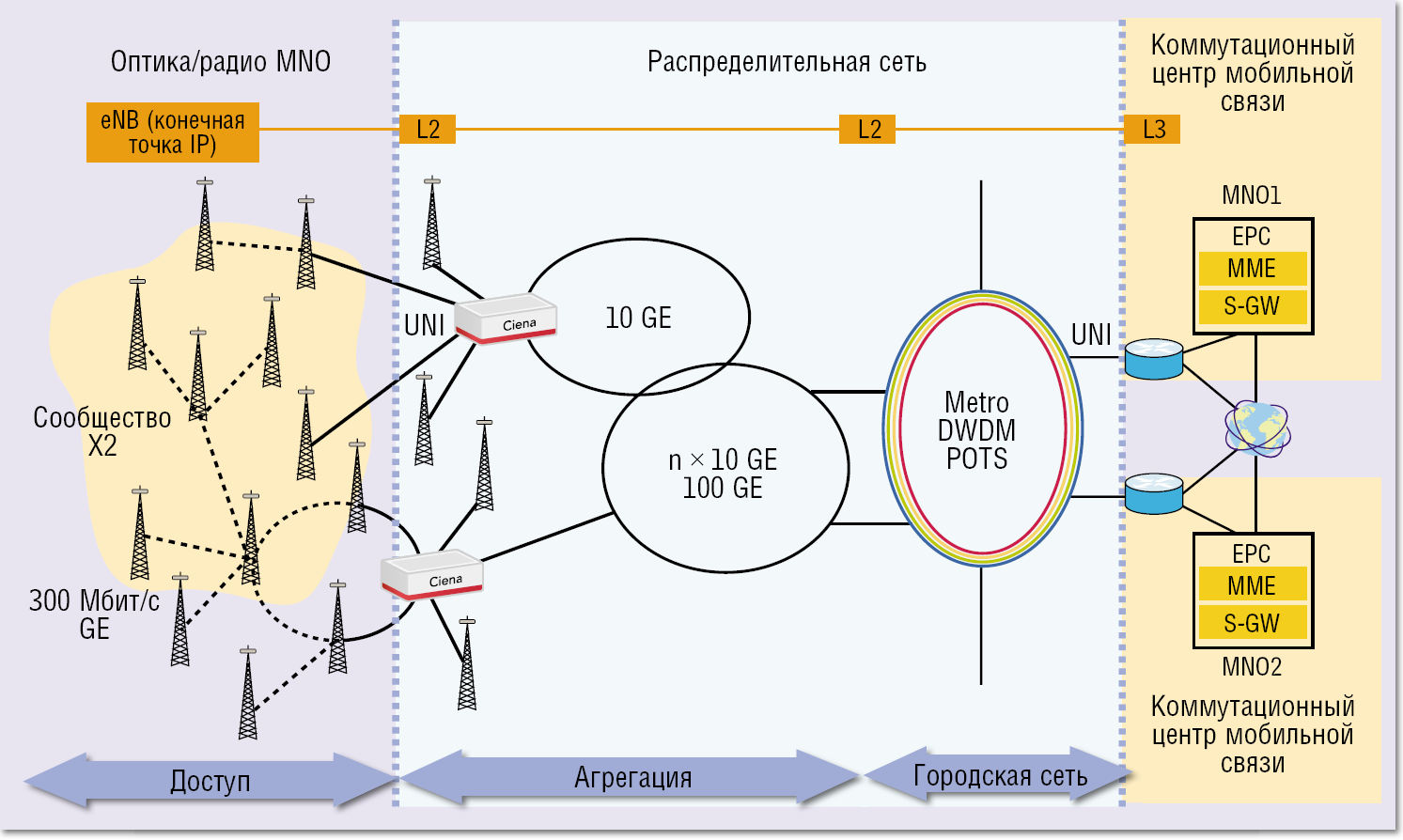


Рисунок 2.2 - Архитектура распределительной сети LTE

## Глава 3. Расчетный часть.

**3.1 Расчет пропускной способности сети, расчет потенциальных**

**абонентов.**

В процессе планирования радиосетей LTE имеется ряд отличий от процесса планирования других технологий беспроводного радиодоступа. Главное отличие – это использование нового типа многостанционного доступа на базе технологии OFDM, в связи с чем появляются новые понятия и изменяются алгоритмы проектирования. Процесс планирования радиосети состоит из двух этапов:

* формирование максимальной площади покрытия;
* обеспечение требуемой емкости.

Планирование радиосети LTE будет производиться в сельской местности, а это значит, что плотность абонентов будет невысока и базовые станции должны устанавливаться на максимальном удалении друг от друга с целью закрыть каждой eNB как можно большую территорию. В связи с этим нужно подобрать соответствующий частотный диапазон. В данном случае нужно руководствоваться правилом, что чем ниже частота, тем дальше распространение радиосигнала. Частотный диапазон 791 – 862 МГц вполне подойдет для выполнения этой задачи. Тип дуплекса выберем частотный – FDD.

## 3.2 Расчет пропускной способности сети. Расчет количества

## потенциальных абонентов

Пропускную способность, или емкость, сети оценивают, базируясь на средних значениях спектральной эффективности соты в определенных условиях.

Спектральная эффективность систем мобильной связи представляет собой показатель, вычисляемый как отношение скорости передачи данных на 1 Гц используемой полосы частот (бит/с/Гц). Спектральная эффективность является показателем эффективности использования частотного ресурса, а также характеризует скорость передачи информации в заданной полосе частот.

Спектральная эффективность может рассчитываться как отношение скорости передачи данных всех абонентов сети в определенной географической области (соте, зоне) на 1 Гц полосы частот (бит/с/Гц/сота), а также как отношение максимальной пропускной способности сети к ширине полосы одного частотного канала.

Средняя спектральная эффективность для сети LTE, ширина полосы частот которой равна 20 МГц, для частотного типа дуплекса FDD на основании 3GPPRelease 9 для разных конфигураций MIMO, представлена в таблице 3.1.

**Таблица 3.1 - Средняя спектральная эффективность для сети LTE**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Линия | Схема MIMO | Средняя спектральная эффективность (бит/с/Гц) |
| UL | 1×2  1×4 | 1,254  1,829 |
| DL | 2×2  4×2  4×4 | 2,93  3,43  4,48 |

Для системы FDD средняя пропускная способность 1 сектора eNB может быть получена путем прямого умножения ширины канала на спектральную эффективность канала:

(3.1)

где *S* – средняя спектральная эффективность (бит/с/Гц);

*W* – ширина канала (МГц); *W* = 10 МГц.

Для линии DL:

*RDL* = 3,43 · 10 = 34,3 Мбит/с.

Для линии UL:

*RUL* = 1,829 · 10 = 18,29 Мбит/с.

Средняя пропускная способность базовой станции *ReNB* вычисляется путем умножения пропускной способности одного сектора на количество секторов базовой станции; число секторов eNB примем равное 3, тогда:

(3.2)

Для линии DL:

*ReNB.DL* = 34,3 · 3 = 102,9 Мбит/с.

Для линии UL:

*ReNB.UL* = 18,29 · 3 = 54,87 Мбит/с.

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 *Nк* рассчитывается по формуле:

, (3.3)

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

*Δfк* – полоса частот одного радиоканала; под радиоканалом в сетях LTE определяется такое понятие как ресурсный блок РБ,который имеет ширину 180 кГц, Δ*f*к = 180 кГц.

Далее определим число каналов *Nк.сек*, которое необходимо использовать для обслуживания абонентов в одном секторе одной соты:

(3.4)

где *Nк* – общее число каналов;

*Nкл* – размерность кластера, выбираемое с учетом количества секторов eNB, примем равным 3;

*Mсек* – количество секторов eNB, принятое 3.

Далее определим число каналов трафика в одном секторе одной соты *Nкт.сек*. Число каналов трафика рассчитывается по формуле:

(3.5)

где *Nкт1* – число каналов трафика в одном радиоканале, определяемое стандартом радиодоступа(для OFDMA*Nкт1* = 1...3); для сети LTE выберем *Nкт1* = 1.

В соответствии с моделью Эрланга, представленной в виде графика на рисунке 3.1, определим допустимую нагрузку в секторе одной соты *Асек* при допустимом значении вероятности блокировки равной 1% и рассчитанным выше значении *Nкт.сек*. Определим, что *Асек* = 50 Эрл.

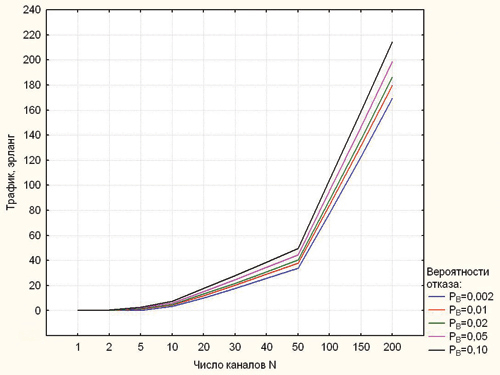


Рисунок 3.1 - Зависимость допустимой нагрузки в секторе от числа каналов трафика и вероятности блокировки

Число абонентов, которое будет обслуживаться одной eNB, определяется по формуле:

(3.6)

где *A1* – средняя по всем видам трафика абонентская нагрузка от одного абонента; значение *A1* может составлять (0,04...0,2) Эрл. Так как проектируемая сеть планируется использоваться для высокоскоростного обмена информацией, то значение *A1* примем равным 0,2 Эрл. Таким образом:

Число базовых станций eNB в проектируемой сети LTE найдем по формуле:

(3.7)

где *Nаб* – количество потенциальных абонентов. Количество потенциальных абонентов определим как 20% от общего числа жителей. Общее число жителей Раштского района составляет 24500 человек. Таким образом, количество потенциальных абонентов составит 4900 человек, тогда:

Среднюю планируемую пропускную способность *RN* проектируемой сети определим путем умножения количества eNB на среднюю пропускную способность eNB. Формула примет вид:

, (3.8)

*RN* = (102,9 + 54,87) · 7 ≈ 1104,39 (Мбит/с).

Далее дадим проверочную оценку емкости проектируемой сети и сравним с рассчитанной. Определим усредненный трафик одного абонента в ЧНН:

, (3.9)

где *Тт* - средний трафик одного абонента в месяц, *Тт* = 30 Гбайт/мес;

*q* – коэффициент для сельской местности, *q* = 2;

*NЧНН* – число ЧНН в день,*NЧНН* = 7;

*Nд* – число дней в месяце, *Nд* = 30.

(Мбит/с)

Определим общий трафик проектируемой сети в ЧНН *Rобщ./ЧНН* по формуле:

*Rобщ./ЧНН = Rт.ЧНН · Nакт.аб*, (3.10)

где *Nакт.аб* – число активных абонентов в сети; определим число активных абонентов в сети как 80% от общего числа потенциальных абонентов *Nаб*, то есть *Nакт.аб* = 3920 абонентов.

*Rобщ./ЧНН* = 0,28 · 3920 = 1097,6 (Мбит/с).

Таким образом, *RN*>*Rобщ./ЧНН*. Это условие показывает, что проектируемая сеть не будет подвергаться перегрузкам в ЧНН.

## 3.3 Выбор оборудования транспортной сети.

Основными отличиями технологии LTE от предшествующих технологий мобильной связи 2G и 3G являются:

* организация связи, как голосовой, так и передачи данных по IP-протоколу;
* высокие скорости передачи данных;
* упрощенная архитектура сети.

Оборудование транспортной сети следует выбирать, в первую очередь руководствуясь особенностями технологии LTE, а так же, чтобы данное оборудование отвечало требованиям надежности, отличалось эффективностью, гибкостью, компактностью, обладало широким набором функций и удовлетворяло понятию «цена – качество». Главным условием при выборе оборудования транспортной сети является надежная передача данных пользователей согласно рассчитанной пропускной способности сети LTE.

Транспортная сеть проектируемой сети LTE будет реализована с помощью оптоволоконных линий передач по технологии Ethernet. В технологии Ethernet (стандарт IEEE 802.3) определены следующие скорости: Ethernet на скорости 10 Мбит/с, FastEthernet на скорости100 Мбит/с, GigabitEthernet на скорости 1 Гбит/с и 10 GigabitEthernet на скорости 10 Гбит/с. Скорости в 1 и 10 Гбит/с подходят для транспортной сети. Существенным преимуществом систем Ethernet является широкая масштабируемость и максимальная приближенность к стеку протоколов IP.

В мире проектирования мобильных сетей существуют различные решения выбора оборудования как сети радиодоступа, так и транспортной сети. Компании – производители оборудования для сетей мобильной связи предоставляют операторам пакеты готовых решений, состоящих из подобранного по различным показателямстека аппаратуры. В пакеты готовых решений для реализации транспортной сети мобильного оператора могут входить рабочие станции, коммутаторы, маршрутизаторы, мультисервисные станции, а также специализированное оборудование для управления сетью.

что решение компании «CiscoSystems» для реализации транспортной сетиLTE является лучшим по многим параметрам, и, хотя цена на оборудование данного производителя больше, зато высокое качество исполнения и высокий уровень технической поддержки позволяют сделать выбор именно в пользу данной продукции.

Компания «CiscoSystems» на сегодняшний день является безусловным лидером производства коммутационного оборудования в мире. Продукцию данной компании используют в своих сетях свыше 250 операторов мобильной связи более чем в 75 странах мира. В России свое предпочтение коммутационному оборудованию компании «CiscoSystems» отдали такие операторы мобильной связи, как ОАО «ВымпелКом», ОАО «Мобильные Теле Системы» и ОАО «Мегафон». Продукция выпускаемая компанией «CiscoSystems» обладает такими качествами как надежность, производительность, многофункциональность, масштабируемость и безопасность. В данном дипломном проекте при выборе транспортного оборудования сети LTE предпочтение отдадим оборудованию компании «CiscoSystems».

Оборудование транспортной сети для передачи данных по технологии LTE делится на:

1. Транспортное оборудование сети радиодоступа.
2. Транспортное оборудование интеллектуальной агрегации.

У компании «CiscoSystems» имеются готовые решения построения транспортной сети для мобильных операторов. Воспользуемся одним из них.

В качестве транспортного оборудования сети радиодоступа выберем коммутатор «CiscoME 3600 X 24CX». Данная модель реализована с учетом огромного опыта работы компании «CiscoSystems» с операторами мобильной связи; данная модель обладает аппаратным ускорением, неблокируемой производительностью, низкими задержками и джиттером.

Чипсет коммутатора «CiscoME 3600 X 24CX» разработан специально для се тей CarrierEthernet.

Рисунок 3.2 - Внешний вид коммутатора "CiscoME 3600 Х 24СХ"

Краткая техническая характеристика коммутатора «CiscoME 3600 X 24CX»:

* количество оптоволоконных портов: 6;
* организация IP-маршрутизации;
* поддерживаемые скорости: 10/100/1000 Мбит/с;
* размеры (ш×г×в): 444×516×43;
* вес: 6570 грамм;
* протокол управления: SNMP;
* протоколы передачи данных: OSPF, IS-IS, EIGRP, RIPv2;
* оперативная память: 1024 МБ;
* тип оперативной памяти: DRAM;
* потребляемая мощность: 228 Вт;
* частота входного сигнала: 50/60 Гц;
* входное напряжение: перем. 100-240 В, пост. 48 В;
* пропускная способность: 65 Mpps;
* максимальная скорость передачи данных: 44 Гбит/с;
* fiberethernetcablingtechnology: 1000 Base-LX, 100 Base-BX, 100 Base-FX, 100 Base-LX;
* fiber optic connector: LC, LX-5;
* дистанция передачи по оптико-волоконному кабелю: 80 км;
* длина волны: 1310/1550 нм.

Коммутатор «CiscoME 3600 X 24CX» не исключает возможности подключения к нему нескольких базовых станций eNB.

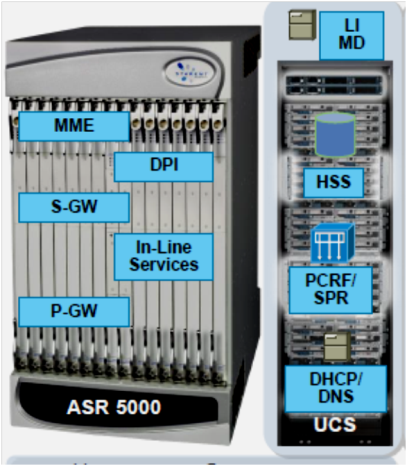
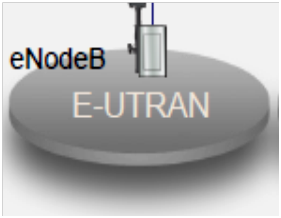
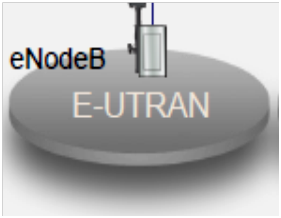
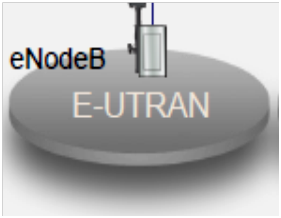


Рисунок 3.3 - Внешний вид маршрутизатора "Cisco 7603 OSR"

В качестве транспортного оборудования интеллектуальной агрегации выберем оптический сервисный маршрутизатор «Cisco 7603 OSR» (OpticalServiceRouter). Оптический маршрутизатор «Cisco 7603 OSR» предназначен для построения территориально распределенных (WAN) и городских (MAN) сетей. Основной задачей данного маршрутизатора является обеспечение работы критичных IP приложений на скорости оптических каналов связи.

Основные возможности и технические характеристики маршрутизатора «Cisco 7603 OSR»:

* поддержка полного спектра функций ПО CiscoIOS;
* шасси, совместимое со стандартом NEBS;
* высокая доступность платформы благодаря резервированию блоков питания, управляющих модулей и программных возможностей ПО CiscoIOS – GlobalResilienceIP;



Cisco ME 3600X24CX

Cisco ME 3600X24CX

Cisco ME 3600X24CX

**Сеть радиодоступа E-UTRAN**

Cisco 7603 OSR

**Сеть интеллектуальной агрегации**

**Evolved Packet Core LTE**

**Сервисы и эксплуатация**

Рисунок 3.4 - Схема организации связи транспортной сети

* аппаратное ускорение сетевых услуг благодаря технологии CiscoPXF;
* поддержка технологии MPLS/IP;
* имеет 24 порта 10 Base-FL, 24 порта 10Base-FX, 48 портов 1000 Base-LX, 4 порта 10GBase-ER;
* максимальная производительность: 240 Гбит/с, 30 млн. пакетов/с;
* пропускная способность шины: 32 Гб/с;
* размеры (в×ш×д): 17,78×44,12×55,25;
* вес: 12,25 кг;
* питание: АС 110 - 240 В, DC 48 - 60 В;
* среднее время наработки на отказ: 7 лет;
* условия эксплуатации: температурный режим 0 – 40 °С, влажность 10 – 85%.

Согласно сделанному выбору транспортного оборудования на следующем этапе дипломного проектирования составим схему организации связи транспортной сети. Схема организации связи транспортной сети показана на рисунке 3.4.

## 3.4 Выбор оптического кабеля. Определение суммарного затухания

## на участке .

Оптические кабели представляют собой среду передачи, близкую к идеальной. По объемам и скорости передачи информации, надежности и дальности ее доставки оптические кабели значительно опережают другие технологические решения. Поэтому, на сегодняшний день альтернативы им нет. Классификация существующих оптических кабелей по своему назначению показана на рисунке 3.5.

Основным элементом оптического кабеля является оптическое волокно (световод), выполненное в виде тонкого стеклянного волокна цилиндрической формы, по которому передаются световые сигналы с длинами волны 0,85…1,6 мкм. Световод имеет двухслойную конструкцию и состоит из сердцевины и оболочки с разными показателями преломления.

Оптические кабели

Оптические кабели наружной прокладки

Оптические кабели внутренней прокладки

подземные

подвесные

подводные

внутри зданий и сооружений

монтажные

в защитные пластмассовые трубы

в грунты: 1 – 3 и 4 – 5 групп

в скальные грунты и грунты, подверженные мерзлотным деформациям

в кабельную канализацию, в коллекторах и туннелях

по мостам и эстакадам

для прокладки в болотах глубиной до 2 м и более 2 м

навивные, присоединяемые, прикрепляемые

самонесущие для подвески на опорах воздушных линий связи, опорах контактной сети и высоковольтной автоблокировки ж/д, на опорах воздушных линий электропередач

встроенные в грозозащитный трос

на переходах через водные преграды

на морских глубоководных участках

на морских прибрежных участках

Рисунок 3.5 - Типы оптических кабелей связи

Сердцевина служит для передачи электромагнитной энергии.

Назначениеоболочки – создание лучших условий отражения на границе «сердцевина – оболочка» и защита от помех из окружающего пространства. В существующих конструкциях оптических кабелей применяются световоды двух типов: многомодовые (ступенчатые и градиентные) и одномодовые. По частотно – пропускной способности и дальности передачи лучшими являются одномодовыесветоводы.

Все многообразие существующих типов кабелей можно разделить на три группы:

* кабели с повивной концентрической скруткой;
* кабели с фигурным сердечником;
* плоские кабели ленточного типа.

В оптических кабелях кроме оптического волокна, как правило, имеются следующие элементы:

* силовые упрочняющие стержни, которые воспринимают на себя продольную нагрузку на разрыв;
* армирующие элементы, повышающие стойкость кабеля при механических воздействиях;
* заполнители в виде сплошных пластмассовых нитей;
* наружные защитные оболочки, предохраняющие кабель от проникновения влаги, паров вредных веществ и внешних механических воздействий.

В настоящее время оптические кабели выпускаются как отечественными, так и зарубежными компаниями. В России крупными производителями оптических кабелей являются: ЗАО «Москабель – Фуджикура», ЗАО НФ «Электропровод», ЗАО «Самарская оптическая кабельная компания» и ОАО «Завод Сарансккабель».

В данном дипломном проекте для реализации транспортной сети будут использованы три типа оптических кабелей: для прокладки в грунте, подвесной и для прокладки в канализации.

*a∑* = *nрс · aрс + nнс · aнс + at +aв*, (3.11)

где *nрс* – количество разъемных соединителей, *nрс* ≈ 3;

*aрс* – потери в разъемных соединениях, *aрс* ≈ 0,6 дБ;

*nнс* – количество неразъемных соединений;

*aнс* – потери в неразъемных соединениях, *aнс* ≈ 0,02 дБ;

*at* – допуск на температурные изменения затухания оптического волокна, *at* = 1 дБ;

*aв* – допуск на изменение характеристик компонентов на участке со временем, *aв* ≈ 5 дБ.

Количество неразъемных соединений рассчитывается по формуле:

(3.12)

где *Lуч* – длина участка, *Lуч* ≈ 9 км;

*lсд* – строительная длина кабеля, согласно таблице 3.1 *lсд* = 2 км.

a∑ = 3 · 0,6 + 3 · 0,02 + 1 +5 ≈ 7,8 (дБ)

Суммарное затухание на одном из участков проектируемой транспортной сети между коммутатором «CiscoME 3600X 24CX» и маршрутизатором «Cisco 7603 OSR» составило примерно 7,8 дБ.

## Глава 4 . Выбор оборудование сети LTE

## 4.1 Выбор управляющего оборудования сети LTE

Управление абонентскими сессиями и услугами в сетях LTE осуществляется с помощью базовой пакетной сети EPC (EvolvedPacketCore). Сеть ЕРС содержит следующие узлы и логические элементы:

* ММЕ (MobilityManagementEntity) – узел управления мобильностью – отвечает за решение задач управления мобильностью абонентского терминала, управления безопасностью мобильной связи (NASSecurity), управления службой передачи данных;
* SGW (ServingGateway) – обслуживающий шлюз сети LTE – отвечает за обработку и маршрутизацию пакетных данных поступающих из/в подсистему базовых станций;
* PGW (PublicDataNetworkGateway) – шлюз от/к сетей других операторов – отвечает за передачу голоса и данных из/в сети оператора LTE в другие сети 2G, 3G, не-3GPP и Internet;
* HSS (Home Subscriber Server) – серверабонентскихданных;
* PCRF (PolicyandChargingRulesFunction) – узел выставления счетов абонентам за оказанные услуги;
* DHCP/DNS – сервер выделения IP-адресов.

Решения по реализации сети EPCLTE разработаны компанией «CiscoSystems». Основой идеи реализации стало совмещение функций MME, SGW и PGW в одном шасси мультисервисной платформы «CiscoASR 5000 PCS3», как показано на рисунках 3.4 и 4.1.

Рисунок 4.1 - Решение компании "CiscoSystems" по объединению функций сети ЕРС на базе одной платформы "СiscoASR 5000 PCS3"

Маршрутизатор «CiscoASR 5000 PCS3» специально разработан для мобильных широкополосных сетей. Он отличается распределенной архитектурой, встроенными интеллектуальными функциями, масштабируемостью и надежностью.

Платформа «CiscoASR 5000 PCS3» позволяет оператору связи наращивать производительность и емкость без массовых закупок дополнительного оборудования. Маршрутизатор «CiscoASR 5000 PCS3» в своих сетях используют более 250 операторов мобильной связи в мире.

Достоинства платформы «CiscoASR 5000 PCS3»:

* интегрированные сетевые функции, встроенные сервисы с высокой пропускной способностью;
* резервирование всех компонент;
* автоматическое восстановление абонентских сессий в рамках одного шасси;
* функция копирования процессов и их состояний;
* доступность платформы 99,9999%;
* восстановление сессий не превышает 2 сек.;
* отсутствие специализированных выделенных сервисных плат и модулей;
* процессорные ресурсы автоматически адаптируются к потребностям системы;
* защита памяти для отдельных процессов;
* общее программное обеспечение;
* обновление программного обеспечения осуществляется без прерывания сервисов;
* программные функции распределены по всей платформе.

Архитектура платформы «CiscoASR 5000 PCS3» показана на рисунке 4.2.



Рисунок 4.2 – Архитектура платформы «CiscoASR 5000 PCS3»

Главным отличием платформы «CiscoASR 5000 PCS3» является наличие встроенных сервисов «In-lineServices»:

* DPI – глубокая инспекция пакетов – позволяет анализировать трафик и персонифицировать услуги, предоставляя абонентам различные качество обслуживания и гибкие правила тарификации в зависимости от типа трафика;
* обнаружение трафика одноранговых протоколов в реальном масштабе времени; определяет различные правила: пропуск или блокировка, специфическая тарификация, контроль потребляемой полосы пропускания;
* фильтрация контента на основе анализа URL в запросах НТТР от мобильных абонентов;
* персональный NAT/Firewall.

Краткая техническая характеристика платформы «CiscoASR 5000 PCS3»:

* пропускная способность: 320 Гбит/с;
* количество сессий: 4 млн.;
* сетевыеинтерфейсы: 10/100/1000 Ethernet, 10 Гбит/с Ethernet, OLC/CLC Line Cards (ATM, POS, Frame Relay);
* входное напряжение: DC 40 – 60 В;
* размеры (в×ш×г): 63,23×44,45×60,95 мм;
* полная масса: 139,25 кг;
* максимальная мощность: 800 Вт;
* допускается установка до трех «CiscoASR 5000 PCS3» в стойку 42 RU.

## 4.2 Выбор оборудования базовой станции eNodeBandLTE

Основные поставщики оборудования базовой станции eNBLTE в России будут компании «NokiaSiemensNetworks», «Huawei» и «Ericsson». В конце 2011 года в нашей стране было запущено собственное производство оборудования eNBLTE на базе научно-производственной фирмы «Микран» под контролем компании «NokiaSiemensNetworks» в городе Томске.

При выборе оборудования базовой станции eNBLTE нужно руководствоваться, в первую очередь, способностью поддержки данным оборудованием других стандартов мобильной связи. Так же не стоит забывать о запланированной выходной мощности приемопередатчика TRX и других технических характеристиках.

Для планируемой сети, учитывая ее особенности, можно сделать выбор в пользу оборудования компании «NokiaSiemensNetworks». В качестве оборудования радиодоступа предлагается использовать базовую станцию «FlexiMultiradio».

По данным НПФ «Микран», мультистандартная базовая станция «FlexiMultiradio» предлагает уникальные возможности по построению сайтов. При использовании данной eNB гарантируется низкое электропотребление, соответствие требованиям емкости при постоянно растущем мобильном трафике и высокая спектральная эффективность.

Антенная система «FlexiMultiradio» основана на технологии активных антенн, которая объединяет антенну и радиооборудование в единый функциональный блок, имеющий отдельные усилители мощности для каждого элемента антенны. Активная антенна позволяет осуществлять формирование лучей – фокусировку отдельного радиоподключения и его направление на конкретного пользователя.

Базовая станция «FlexiMultiradio» установлена и функционирует у более чем 200 операторов мобильной связи в мире и удостоена ряда наград за программное управление радиосетью и энергоэффективность.

Базовая станция «FlexiMultiradio» состоит из двух основных элементов: системного модуля для цифровой обработки сигналов и радиомодуля с тремя приемопередатчиками.

Базовая станция «FlexiMultiradio» показана на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 - Базовая станция "FlexiMultiradio" компании «Nokia Siemens Networks»

Радиочастотный модуль с тремя приемопередатчиками показан на рисунке 4.4. Полное наименование продукта: «FlexiRFModuleTriple 90 W». Радиомодуль отвечает за обработку радиочастотных сигналов. Универсальныйрадиомодуль «FlexiMultiradio» можно использовать при любом типе установки, в частности, при установке внутри и вовне помещений, при распределительной установке, установке на опорах мачт.

Мощность выходного сигнала радиомодуля из расчета на один сектор может достигать 240 Вт; так же радиомодуль может обеспечивать подачу выходного сигнала мощностью 80 Вт на каждый из трех секторов. Модуль способен распределять несущие в диапазоне 60 МГц. Радиомодуль поддерживает любое сочетание технологий GSM, 3G, LTE и LTE+.

Достоинства eNB«FlexiMultiradio»:

Рисунок 4.4 - Радиочастотный модуль "Flexi RF Module Triple 90 W"

* легкое конструирование сайта и легкая установка, стоимость инсталляции снижена на 25%;
* встроенные интерфейсы системного модуля Е1 и GEthernet;
* сниженные требования к начальным вложениям за счет возможности быстрого развертывания сети;
* низкое энергопотребление;
* сокращение длины необходимых антенных кабелей, что вдвое улучшает радиопараметры станции;
* гибкий дизайн;
* на 20% компактнее и легче типовой базовой станции;
* исполнение, позволяющее использовать ее вне помещений в любых погодных условиях;
* модульная, масштабируемая и наиболее компактная базовая станция в отрасли.

Технические характеристики радиомодуля «FlexiRFModuleTriple 90 W»:

* может использоваться внутри и вне помещений, с установкой на полу, на стене, на шесте, на мачте, в распределенных и безфидерных конфигурациях площадки;
* частотные диапазоны: 700, 800, 850, 900, 1800, 1900, 1700/2100, 2100, 2300 и 2600 МГц;
* емкость: до 6+6+6 каналов GSM, до 4+4+4 каналов WCDMA, 1+1+1 каналов LTE с полосой 20 МГц;
* технология усилителя мощности радиосигнала: мультистандартный усилитель мощности с множественными несущими;
* размеры: 133×447×560 мм; возможность установки в стойку 19 дюймов;
* объем: 25 литров;
* вес: 25 кг;
* диапазон температур: - 35°С до 55°С (охлаждается вентиляторами, скорость регулируется автоматически. Использование принудительной вентиляции повышает надежность станции за счет стабилизации температуры полупроводников);
* источники питания: 40,5 – 57 В постоянного тока – для системного модуля, 184 – 276 В переменного тока – для радиомодуля;
* требования мощности: 790 Вт;
* выходная мощность: 180 Вт с каждого радиомодуля или 60 Вт с удаленнойрадиоголовки (RRH);
* класс защиты от влажности: IP 65.

## 4.3 Выбор оборудования электропитания

Электропитание оборудования базовой станции осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В. Питающее напряжение 220 В взято с трансформаторной подстанции (ТП) и заведено в помещение для размещения оборудования базовой станции.

Питающее напряжение поступает в вводно-распределительное устройство, откуда питание подается на контур общего освещения, систему отопления, кондиционер и источник бесперебойного питания (ИБП) переменного тока.

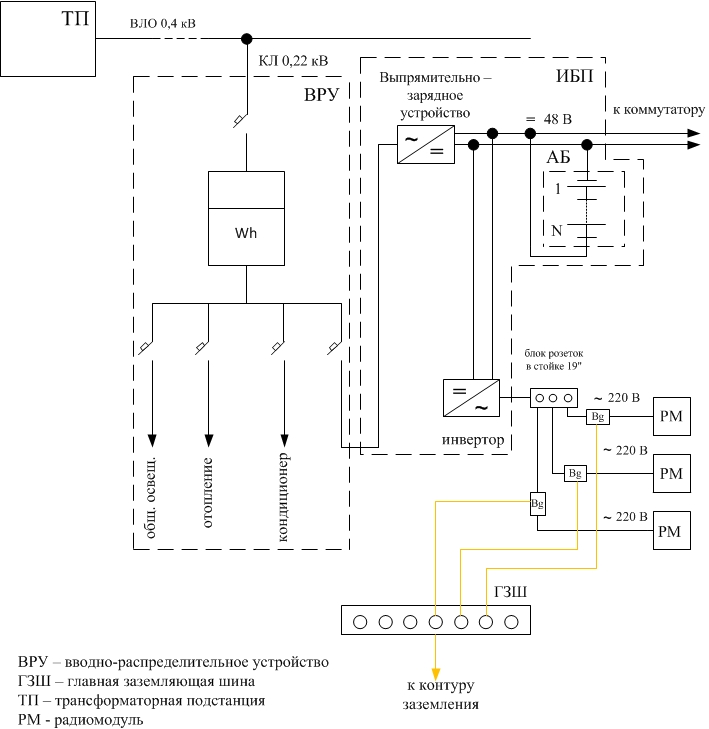
ИПБ переменного тока включает в себя выпрямительно-зарядное устройство, блок аккумуляторных батарей и инвертор. От выпрямительно-зарядного устройства питание постоянного тока 48 В подается на коммутатор «CiscoME 3600 X 24CX», подзарядку аккумуляторных батарей и инвертор. Аккумуляторная батарея включается в работу в случае прекращения подачи питания от ТП. Инвертор преобразует постоянный ток напряжением 48 Ввпеременный ток напряжением 220 В и питает радиомодули «FlеxiMultiradio» (РМ). Для защиты внутреннего оборудования от перенапряжения в разрыв питающего кабеля ставятся грозоразрядники, соединенные с «землей» через заземляющую шину (ГЗШ).

Схема электропитания базовой станции показана на рисунке 4.5.

Рисунок 4.5 - Схема электропитания базовой станции

Произведем расчеты мощности потребляемой оборудованием для определения типа автоматических выключателей, группы учета электроэнергии и ИБП переменного тока.

## 4.3.1 Расчет потребляемой мощности

Чтобы найти мощность по переменному току (*РАС*), нужно мощность по постоянному току (*РDC*) разделить на коэффициент полезного действия (КПД) выпрямительных устройств (0,8 – 0,9).

Исходные данные для расчета потребляемой мощности приведены в таблице 4.1.

**Таблица 4.1**

**Исходные данные для расчета мощности**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Оборудование | Количество, шт. | Потребляемая мощность, Вт | *РАС/РDC* |
| Радиомодуль  «Flexi Multiradio» (РМ) | 3 | 790 | *РАС* |
| Коммутатор  «CiscoME 3600 X 24CX» (КОМ) | 1 | 228 | *РDC* |

Мощность по переменному току определяется по формуле:

*РАС = РDC/0,8* (4.1)

*РКОМ* = 228/0,8 = 285 (Вт).

Для того, чтобы найти суммарную мощность *РСУМ* потребляемую оборудованием, воспользуемся следующей формулой:

*РСУМ = РРМ + РКОМ* (4.2)

*РСУМ* = 790 + 285 = 1075 (Вт).

Значение тока нагрузки *IH* рассчитывается по формуле:

*IH = РСУМ/UПИТ*, (4.3)

где *UПИТ* – значение питающего напряжения, *UПИТ* = 220 В.

*IH* = 1075/220 = 4,8 (А).

## 4.3.2 Расчет источника бесперебойного питания переменного тока

Проектируемая схема связи относится ко второй категории электропитания. Ко второй категории относятся системы связи, перерыв в электроснабжении которых может приводить к нарушению нормальной деятельности значительного количества жителей.

Для систем связи второй категории электропитания требования к надежности электроснабжения по допустимому времени восстановления питания и допустимому отклонению напряжения питания от номинального не столь существенны, как для систем связи первой категории электропитания. Поэтому для них меры по дополнительному питанию от источников бесперебойного питания на время восстановления и меры по стабилизации напряжения не проводятся.

Принимается, что источник бесперебойного питания должен обеспечивать автономную работу оборудования в течение четырех часов.

В данной схеме электропитания базовой станции применяется источник бесперебойного питания переменного тока с постоянным включением батареи аккумуляторов (OnLine). В данных ИПБ входное напряжение выпрямляется и понижается до величины аккумуляторной батареи. Это же напряжение поступает на вход инвертора, с помощью которого путем широтно-импульсной модуляции формируется стабилизированное синусоидальное напряжение.

Вычислим необходимую емкость аккумуляторов (), приведенную к условному четырехчасовому режиму разряда и температуре среды 200С по формуле:

 , (4.4)

где  - номинальная емкость аккумулятора;

 - ток нагрузки (разряда);

 - время разряда;

 - коэффициент отдачи по емкости;

 - температура электролита;

 - температурный коэффициент емкости аккумулятора.

Определим ток разряда (*Ip*) по формуле:

*Ip = IH =* 4,8(4.5)

Коэффициент отдачи по емкости  определяем из таблицы 4.2.

**Таблица 4.2 – Значения коэффициента отдачи по емкости**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ,ч. | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|  | 1 | 0,97 | 0,94 | 0,91 | 0,89 | 0,83 | 0,8 | 0,75 | 0,61 | 0,51 |

Так как время разряда составляет 4 часа, соответственно  = 0,8.

Вычислим емкость аккумулятора ():

(Ач).

В таблице 4.3 представлены технические характеристики различных однофазных ИБП малой мощности переменного тока, которые могут подходить для реализации данной схемы электропитания.

Исходя из полученных результатов выбирается источник бесперебойного питания «UPStationGTX» от производителя «Liebert» с емкостью аккумуляторной батареи 9 Ач и потребляемой мощностью 1050 Вт.

**Таблица 4.3 - Технические характеристики различных ИБП**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Модель | ДПК | UPStation GXT | | PW9120 | ULTimate |
| Производитель | Тэнси-Техно | Liebert | | Invensys | Powercom |
| Мощность, кВА | 1,0; 3,0 | 0,7; 1,0; 1,5 | 2,0; 3,0 | 0,7; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 | 0,7; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 |
| Диапазон входного напряжения, В | 220 -27%,+25% | 220 ±27% | 220 -20%,+27% | 220 -27%,+25% | 220 -27%,+25% |
| Точность выходного напряжения, В | 220 ±3% | 220 ±3% | 220 ±3% | 220 ±3% | 220 ±2% |
| Коэффициент мощности по входу | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,97 | 0,98 |

Технические характеристики ИБП «GTX2 – 1500RT230» приведены в таблице 4.4.

**Таблица 4.4 - Технические характеристики ИБП «GTX2 – 1500RT230»**

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование параметра | Технические характеристики |
| Модель | GXT2 – 1500RX230 |
| Номинальная мощность | 1050 Вт |
| Размеры (ш×г×в) | 87×547×430 |
| Масса | 23,2 кг |
| Параметры входного питания переменного тока:   * нагрузка 100% - 90 % * нагрузка 70% - 30% * частота | 176В переем. тока/280 В перем. тока  139В переем. тока/280 В перем. тока  40 – 70 Гц; автоматическая настройка |
| Параметры выходного питания переменного тока:   * напряжение * частота * форма сигнала | 280/220/230/240 В перем. тока  50 или 60 Гц  синусоидальная |
| Параметры батареи:   * тип * количество/напряжение/емкость * время заряда батареи | герметичные, необслуживаемые свинцовокислотные, пожаробезопасные  4/12 В/7,2 Ач  5 часов до 95% емкости после полного разряда на 100% нагрузку |
| Параметры окружающей среды | от 0°С до +40°С |

## 4.3.3 Расчет автоматических выключателей и группы учета

Проектом предусмотрено четыре группы оборудования. Исходные для расчета автоматических выключателей и группы учета представлены в таблице 4.5.

**Таблица 4.5 – Исходные данные**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер группы | Состав оборудования | Потребляемая мощность, Вт | Ток нагрузки *IH*, А |
| 1 | ИПБ переем. тока | 1050 | 4,8 |
| 2 | освещение | 300 | 1,4 |
| 3 | кондиционер | 300 | 1,4 |
| 4 | отопление | 400 | 1,8 |

Суммарный ток нагрузки *IСУМ* вычисляется по формуле:

*IСУМ = IH1 + IH2 + IH3 + IH4* (4.6)

*IСУМ* = 4,8+1,4+1,4+1,8 = 9,4 (А).

Таким образом, выбирается счетчик с максимальным током 50 А.

Ток срабатывания автоматического выключателя выбирается в 1,25 раза большим, чем ток нагрузки и вычисляется по формуле:

*Iсраб = IH · 1,25* (4.7)

*Iсраб.1* = 4,8 · 1,25 = 3,25 (А)

*Iсраб.2* = 1,4 · 1,25 = 1,75 (А)

*Iсраб.3* = 1,4 · 1,25 = 1,75 (А)

*Iсраб.4 =* 1,8 · 1,25 = 2,25 (А)

Исходя из полученных значений, выбираем тип автоматических выключателей, представленных в таблице 4.6.

**Таблица 4.6 – Типы автоматических выключателей**

|  |  |
| --- | --- |
| Номер группы | Тип автоматического выключателя |
| 1 | ВА47 – 29 1Р 8А |
| 2 | ВА47 – 29 1Р 2А |
| 3 | ВА47 – 29 1Р 2А |
| 4 | ВА47 – 29 1Р 3А |

## 4.4 Расчет контура заземления

Целью расчета защитного заземления является определение количества электродов заземления для обеспечения соответствующей нормы сопротивления заземления.

Норма сопротивления защитного заземления не должна превышать 4 Ом для грунтов с удельным сопротивлением до 100 Ом ×м ( = 100 Ом×м, для суглинка).

Для обеспечения данной нормы применяются одиночные многоэлектродные заземляющие устройства из угловой стали сечением 50х50х5 и длиной 5 м.

Если сопротивление одиночного заземлителя превышает норму, то используется многоэлектродный заземлитель.

Для определения сопротивления заземляющего устройства по формуле 4.8 рассчитывается сопротивление одиночного заземлителя *Rво*:

, (4.8)

где  - расчетное удельное сопротивление грунта для вертикального заземлителя, Ом×м;

 и  - длина и диаметр стержня соответственно, м;

*t* – заглубление электрода (расстояние от поверхности земли до середины электрода), м.

Расчетное удельное сопротивление грунта для вертикального заземлителя определяется по формуле:

, (4.9)

где - коэффициент сезонности вертикальных электродов (=1,8);

 Ом×м.

Для уменьшения влияния климатических условий на сопротивление заземления верхнюю часть заземлителя размещают в грунте на глубину не менее 0,7 м. Следовательно, заглубление стержня можно определить по формуле:

*T = (l/2) + t,* (4.10)

T= (5/2) + 0,7 = 3,2 м

По формуле (4.8) рассчитываем сопротивление *Rво* одного вертикального электрода (длину принимаем 5 м; = 0,05 м):

Ом

Находим приблизительное число вертикальных электродов из выражения 4.11 без учета сопротивления соединительной полосы:

, (4.11)

где – коэффициент использования вертикальных электродов(=0,85);

 - нормируемое сопротивление растеканию тока заземляющего устройства (= 4 Ом ).

Тогда приблизительное число вертикальных электродов равно:



Определим длину соединительной полосы (расстояние *а* между вертикальными заземлителями примем 5 метров) по формуле:

 (4.12)

(м).

Сопротивление заземлителя из стальной полосы прямоугольного сечения, уложенной горизонтально, определяется по формуле:

, (4.13)

где - расчетное удельное сопротивление для горизонтального заземлителя (полосы), Ом м;

*lП* – длина полосы, м;

*b* –ширина полосы, м (*b*=0,02 м);

*t*– глубина заглубления полосы, м.

По формуле (4.14) определим расчетное удельное сопротивление для горизонтального заземлителя:

, (4.14)

где  - коэффициент сезонности горизонтальных электродов (=4,5).

 (Ом×м).

Тогда сопротивление горизонтального заземлителя (полосы) примет значение:

 (Ом).

Определяем общее сопротивление ряда заземляющего устройства, состоящего из вертикальных электродов и соединительных полос по формуле:

 (4.15)

где *RП* – сопротивление горизонтальной полосы (стержня);

*RВО*– сопротивление вертикального электрода (стержня);

– количество вертикальных электродов (стержней);

- коэффициент использования вертикального заземлителя (0,85).

- коэффициент использования горизонтального заземлителя (0,80).

Общее сопротивление ряда заземляющего устройства, состоящего из вертикальных электродов и соединительных полос будет равно:

(Ом).

В данном разделе произведен расчет заземляющего контура, а именно: рассчитано количество вертикальных заземлителей, произведен расчет сопротивления контура с учетом вертикальных заземлителей и соединительной полосы. Общее сопротивление контура *RОБЩ* не превышает нормированного значения *RН* (3,3 Ом< 4 Ом), следовательно проектируемые объекты не создадут опасности для здоровья обслуживающего персонала.

# 

## Глава 5. Расчёт технико – экономическое обоснование проекта.

## 5.1 Необходимые данные для расчета капитальных вложений проекта.

## 

Произведем расчеты по проектирование системы 4G на базе GSM в Раштского района. Для расчета капитальных вложений необходимо иметь информацию о численности населения в районе, площади территории, стоимости оборудования и и т.д

Таблица 5.1

Исходные данные

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование показателей** | **Значения показателей** |
| Территория р. Рашт кв.км. | 5346.9 |
| Численность населения, тыс.чел. | 103, 057 |
| Число жителей на 1 кв.км., чел. | 1031 |

Цены на оборудование взяты из коммерческого предложения компании «Huawei».

**Таблица 5.2**

**Капитальные затраты на основные фонды**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и техническая характеристика оборудования, типы выполняемых работ** | **Коли -**  **чество** | **Цена единицы,** сомони**.** | **Стоимость,** сомони**.** |
| **Сетевое оборудование** | | | |
| Базовая станция «FlexiRFModuleTriple 90W», производитель «NokiaSiemensNetwork» | 7 | 60750 | 425 250 |
| Коммутатор «Cisco ME 3600X 24CX» | 7 | 23895 | 167 265 |
| Маршрутизатор «Cisco 7603 OSR» | 1 | 62775 | 62 775 |
| Мультисервисная платформа «CiscoASR 5000 PCS3» | 1 | 222750 | 222 750 |
| **Итого** | | | **878 040** |
| **Дополнительное оборудование** | | | |
| Радиобашня для установки eNB | 7 | 243000 | 1 701 000 |
| Контейнер цельнометаллический для размещения оборудования eNB, производитель ООО «ПМК» | 7 | 13905 | 97 335 |
| ИБП Liebert«GXT2-1500 RT230» | 7 | 3780 | 26 460 |
| Блок грозозащиты | 21 | 100 | 2 100 |
| Сплит-система «HitachiLuxuryRAS/RAC-0,8 LH1/LH2» | 7 | 2430 | 17 010 |
| Конвектор «Timit W4CT 1104D 1500W» | 7 | 317 | 2219 |
| **Итого** | | | **1 844 024** |
| **Затраты на строительство ВОЛС** | | |  |
| Кабель ОКБ | 67 | 4980 | 333 660 |
| **eNodB** | 7 | 182 250 | 1 275 750 |
| **ИТОГО** | | | **1 609 410** |
| **Итого, Кобор** | | | **4  331  474** |

Кобор = 4 331 474 сомони

**5.2 Расчёт капитальных вложений проектируемой сети.**

Данный раздел рассматривает вопросы финансового обеспечения деятельности фирмы и наиболее эффективного использования имеющихся денежных средств на основе оценки текущей финансовой информации и прогнозов реализации услуги в последующие периоды.

В данной главе произведены расчеты:

* капитальных вложений **(∑КВЛ);**
* доходов от реализации услуг и прибыли (Dод, П);
* срок окупаемость и экономической эффективности(Токуп,Е).

Капитальные вложения включают в себя стоимость оборудования, кабеля, коммутатора и дополнительные затраты, предусматривающие транспортировку и монтаж. Капитальные затраты определяются по следующей формуле:

∑ (5.1)

где

– Затраты на приобретение оборудования;

– стоимость перевозки к месту эксплуатации**;**

– стоимость монтажа оборудования на месте эксплуатации.

Стоимость монтажа 20% от стоимости оборудования,

(5.2)

Кмон = 4 331 147 \* 0,2 = 866249,8 сомони

Стоимость перевозки оборудования к месту эксплуатации составляет 3% от стоимости оборудования

(5.3)

Ктр = 4 331 147 \* 0,03 = 129934,4 сомони

Таким образом капитальные вложения составляет:

∑КВЛ = 4331147 + 866249 + 129934,4 = 5 327 330,4 сомони

**5.3 Расчет годовых эксплуатационных расходов**

В процессе обслуживания и предоставления услуг связи осуществляется деятельность, требующая расчета расхода на ресурсы предприятия. Сумма затрат за год и составит фактическую производственную себестоимость на производство услуг или величину годовых эксплуатационных услуг или величину годовых эксплуатационных расходов на обслуживание сети.

Эр = ФОТ + ОСН  + А0 + Ээл + М + *Зобщ. ар* + Пр. (5.4)

где

Эр – эксплуатационные расходы, сомони/год;

ФОТ – фонд оплаты труда, сомони/год;

ОСН –отчисление на социальные нужды, сомони/год;

А – амортизационные отчисления, сомони/год;

Эл – расходы на оплату производственной электроэнергии, сомони/год;

М – расходы на материалы, запасные части и текущий ремонт, сомони/год;

*Зобщ. ар. -* Аренда места для построения базовая станция

ПР – прочие расходы, сомони/год

**5.3.1. Затраты на оплату труда**

Для расчета годового фонда заработной платы необходимо определить численность штата производственного персонала. Выбранное в дипломном проекте оборудование не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. Поэтому вся группа по обслуживанию оборудования будет состоять из ниже перечисленных специалистов для аварийно-профилактических работ. В таблице 5.3 приведен рекомендуемый состав обслуживающего персонала.

Таблица 5.3

Состав обслуживающего персонала

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование должностей** | **Оклад, сомони.** | **Количество, чел.** | **Сумма з/п, в месяц,сомони.** |
| Ведущий инженер | 3375 | 1 | 3375 |
| Инженер по обслуживанию сети | 2700 | 1 | 2700 |
| Электромеханик | 2025 | 1 | 2025 |
| Антенщик-мачтовик | 1755 | 2 | 3510 |
| Итого (ФЗП) | | 5 | 11610 |

Величину общего годового фонда оплаты труда (*ФОТг*) можно рассчитать по формуле:

*ФОТг = (ФЗП+Пр)·Nм ,сомони/год*(5.5)

где *ФЗП* – основной фонд заработной платы, *ФЗП в месяц* = 11610сомони.

*Nм* – количество месяцев в году, *Nм* = 12;

*Пр* – размер премии, (25% от *ФОТг* ) *Пр* =2 903сомони;

*ФОТг* = (11610 +2903)·12=174 156 сомони/год

***5.3.2 Расчёт отчислений на социальные нужды.***

Отчисления на социальные нужды представляют собой обязательные для каждого предприятия выплаты по установленным в законодательном порядке нормам в размере 25% и 1% - отчисления в пенсионный фонд . Отчисления на социальные нужды напрямую зависят от фонда оплаты труда и рассчитываются по единым для всех предприятий нормам:

, сомони/год (5.6)

сомони/год.

**5.3.3 Расчет амортизационных отчислений**

Амортизационные отчисления учитывают стоимость оборудование, которые составляют 4 331 147 сомони. На сегодня норма амортизации (На) составляет 20 % в год, следовательно, амортизационные отчисления составляют и рассчитываются по формуле:

, (5.7)

 сомони/год.

**5.3.4 Затраты на электроэнергию**

Затраты на оплату электроэнергии определяются в зависимости от мощности оборудования по формуле:

*Зэн = Т · 24 · 365 · Р*, сомони/год (5.8)

Где *Т* – тариф на электроэнергию, Т = 0,31 сомони./кВт/час;

*Р* – мощность оборудования, для eNB*Р* = 1,075 кВт.

*Зэн* = (0,31 · 24 · 365 · 1,075)\*7 =20434,9 сомони/год.

**5.3.5 Затраты на материалы и запасные части**

Материальные затраты включают затраты на материалы и запасные части и составляют один процент от суммы капитальных вложений.

|  |  |
| --- | --- |
| М = ∑КВЛ \* 0,01 = 5327330,4 \* 0,01 = 53237,3 сомони /год | (5.9) |

**5.3.6 Аренда места для построения базовая станция.**

Общая стоимость аренды мест построение БС определяется по формуле:

*Зобщ. ар. = Зар·Nар*, (5.10)

где *Зар* – стоимость аренда места одного БС в год, *Зар* = 6 000 сомони.

*Nар* – количество арендуемых мест БС, *Nар* = 7.

*Зобщ. ар.* =6 000 · 7 = 42 000 сомони/год.

**5.3.7 Прочие расходы.**

Прочие расходы предусматривают общие производственные и эксплуатационно-хозяйственные расходы, ремонт и обслуживание зданий, некоторые виды налогов, страхование имущества, расходы на рекламу, аудит и представительские расходы. Прочие расходы рассчитываются по формуле:

Зпр = 0,4 ·ФОТг, ,сомони/год (5.11)

*Зпр* = 0,4 ·174 156 = 69 662 сомони/год.

Используя результаты расчётов, определением общие годовые расходы согласно формуле 5.4:

Эр = 174156 + 866229,4 + 20434,9 +53237,3 + 42000 + 69662 = 1271000,2 сомони/год

Результаты годовых эксплуатационных расходов приведены в таблице 5.4.

**Таблица 5.4**

**Годовые эксплуатационные расходы**

|  |  |
| --- | --- |
| **Виды расходов** | **Сумма расходов,**  **сомони/год.** |
| Фонд оплаты труда годовой (*ФОТг*) | 174 156 |
| Отчисление на социальные нужды (ОСН ) | 45 280,6 |
| Амортизационные отчисления (*А*) | 866 229,4 |
| Затраты на электроэнергия (Зэн) | 20434,9 |
| Материальные затраты (*Мз*) | 53 237,3 |
| Аренда мест БС (*Зобщ.ар*) | 42 000 |
| Прочие расходы (*Зпр*) | 69 662 |
| **Итого** | **1 271 000,2** |

Таким образом, общие эксплуатационные расходы равны**. 1 271 000,2** сомони/год.

**5.4 Расчет показателей экономической эффективности проекта**

***5.4.1 Расчет доходов от внедрения проекта***

Проектируемая сеть LTE будет предоставлять абонентам услуги голосовой связи, видеосвязи, передачу SMS, MMS, услуги доступа в сеть Интернет.

По данным Фонда «Общественное мнение» (ФОМ) проникновение сети Интернет в сельской местности Таджикистане с каждым годом растет. В зимний период 2010 – 2013 гг. суточная аудитория пользователей сети Интернет в сельской местности составила 38% от числа населения. На рисунке 5.1 показана диаграмма проникновения сети Интернет в сельской местности Таджикистане в период с 2010 г. по 2013 г. (по данным ФОМ).

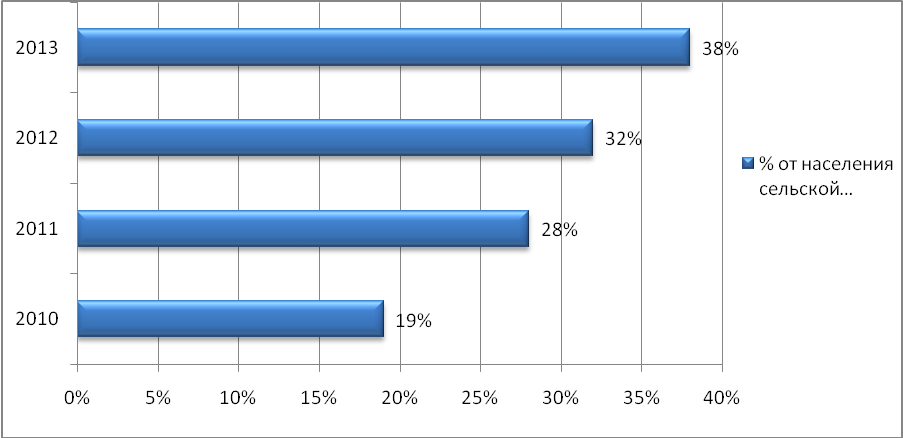


Рисунок 5.1 - Проникновение сети Интернет в сельскую местность Таджикистане (по данным ФОМ).

Согласно диаграмме, показанной на рисунке 5.1, прирост пользователей сети Интернет в сельской местности Таджикистане составляет в среднем значении около 6% в год.

В идеальном случае предположим, что в первый год работы к проектируемой сети LTE в районе Рашт для получения доступа к сети Интернет подключатся 38% от общего числа населения района, а прирост пользователей будет около 6% в год.

Население района Рашт составляет 103 000 человек. Рассчитаем примерное количество подключившихся абонентов к проектируемой сети для доступа к сети Интернет через USB-LTE модем (*Nаб.инт*):

*Nаб.инт* = 103 000· 0,38 = 18240(человек ). (5.12)

Так как USB-LTE модем обычно покупается один на семью, а семья состоит в среднем из четырех человек, то *Nаб.инт* примет следующее значение:

*Nаб.инт* = 18240/4 = 4560 (человек).

Предполагаемые тарифные планы по предоставлению доступа в сеть Интернет с помощью USB-LTE модемов показаны в таблице 5.5

**Таблица 5.5**

**Предполагаемые тарифные планы и их стоимость**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тарифный план | Скорость подключения | Стоимость тарифа, сом./мес. | Порог | Доля абонентов от *Nаб.инт*, % | Примерное число подключившихся пользователей |
| Т1 | до 512 кбит/с | 40 | - | 50 | 1300 |
| Т2 | до 1 Мбит/с | 50 | - | 50 | 1050 |
| Т3 | до 2 Мбит/с | 60 | - | 40 | 900 |
| Т4 | до 4 Мбит/с | 70 | 50 Гб | 30 | 760 |
| Т5 | до 6 Мбит/с | 80 | 70 Гб | 30 | 550 |

Суммарный тарифный доход от предоставления услуги доступа в сеть Интернет с помощью USB-LTE модема (*D1*) определяется по формуле:

, (5.13)



где *Ti* – стоимость тарифного плана;

*Ni*– предполагаемое количество абонентов, подключенных к данному тарифному плану.

*D1* = [40·1300+50·1050+60·900+70·760+80·550]·12=3 068 400 сомони.

Доход от продажи USB-LTE модемов (D2) находим по формуле:

*D2 = Nаб.инт·(Zп – Zз)*, (5.14)

где *Zп* – стоимость продажи одного USB-LTE модема, 400 сомони.

*Zз* – закупочная цена одного USB-LTE модема, 200сомони.

*D2* = 4560 · (400– 200) = 912 000 сомони.

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

По данным ФОМ сотовой связью в сельской местности Таджикистане на начало 2013 г. пользуются 48% населения. В соответствии с этими данными, в районе Рашт число абонентов составляет 23040 человек. Основываясь на проделанном анализе предоставления услуг связи можно сказать, что в районе Рашт осуществляют работу четыре компании-оператора мобильной связи. Условно поделим абонентов сотовой связи в районе Рашт между компаниями операторами поровну. Тогда количество абонентов мобильной связи проектируемой сети LTE в г. Канибадаме составит: *Nаб.моб* = *Nаб.моб* = 23040/5 = 4608 человек.

Предполагаемые цены на предоставление услуг мобильной связи показаны в таблице 5.6

**Таблица 5.6**

**Предполагаемые цены на предоставление услуг мобильной связи**

|  |  |
| --- | --- |
| **Услуга** | **Размер оплаты,** сомони**.** |
| 1 минута входящего звонка | 0 |
| 1 минута исходящего звонка на номера других операторов мобильной связи | К1 = 0,1 |
| 1 минута исходящего звонка на телефонные номера фиксированной связи | К2 = 0,05 |
| 1 SMS, MMS | К3 = 0,20 |
| 1МБ трафика | К4 = 0,30 |

По данным ФОМ, среднестатистический абонент мобильной связи использует 20 SMS/MMS, 10 МБ трафика и 200 минут разговора в месяц. Предположим, что соотношение исходящего разговорного времени одного абонента в процентах составляет: 45% (90 минут) на номера других мобильных операторов, , 10% на телефонные номера фиксированной связи.

Суммарный тарифный доход от предоставления услуг мобильной связи (D3) определим по формуле:

*D3 = [K1·90+ +K2·20+K3·20+K4·10]·Nаб.моб·12, сомони/год* (5.15)

*D3* = [0,1·90+0,05·20+0,20·20+0,30·10]·4608·12=940 032 сомони/год

Общий тарифный доход от услуг связи сети LTE в районе Рашт рассчитывается по формуле:

*Dобщ = D1+D2+D3* (5.16)

*Dобщ* = 3 068 400 + 912 000 + 940 032= 4 920 432 сомони/год

В соответствии с действующим законодательством полученные доходы от реализации услуг связи подлежит налогообложению в размере 18% - НДС и 3%- акциз, таким образом сумма доходов за вычетом указанных налог составляет;

ЧД = Дреал \*0,79 = 4 920 432 \* 0.79 = 3 887 141,3 сомони/год

**5.4.2. Определение прибыли**

Прибыль от реализации проекта (или прибыль от основной деятельности) представляет собой разницу между тарифными доходами и эксплуатационными расходами и рассчитывается по формуле:

*Пр =* ЧД *– Эр*, (5.18)

*Пр* = 3 887 141,3 – 1 271 000,2 = 2 616 141,1 сомони/год.

Чистая прибыль характеризует прибыль, остающуюся в распоряжении предприятия: она определяется путем исключения из прибыли от реализации проекта суммы налога на прибыль. Размер налога на прибыль равен 25%. Чистая прибыль (*Пч*) определяется по формуле:

*Пч = Пр – 0,25·Пр* (5.19)

*Пч* =2 616 141,1 – 0,25 ·2 616 141,1 = 1 962 105,8 сомони/год.

Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия, может использоваться непосредственно по целевому назначению без образования специальных фондов:

сомони/год.

**5.4.3** **Расчёт коэффициент экономической эффективности и срок окупаемость.**

Для получение экономическая эффекта (Е) от данного проекта, получение прибыль Пр разделить на общую сумма капиталовложения.

, (5.14)



Рассчитаем период окупаемости как обратную величину коэффициента абсолютной экономической эффективности, т.е.

, (5.15)

года

Результаты всех произведенных расчетов сведем в таблицу 5.5

Таблица 5.5

Основные технико-экономические показатели

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Наименование показателей** | **Единица**  **измерения** | **Значения показателей** |
| **Сомони** |
| Капитальные вложения | сомони | 5 327 330,4 |
| Доход от реализации услуг | сомони/год | 4 920 432 |
| Эксплуатационные расходы | сомони/год | 1 271 000,2 |
| Прибыль от основной деятельности | сомони/год | 1 962 105,8 |
| Коэффициент экономической эффективности |  | 0.4 |
| Период окупаемости | лет | 2,5 |

Результаты произведённых расчетов показывает, что срок окупаемости составит 2,5 лет, коэффициент экономической эффективности 0,4. Сравнивая полученные результаты с отраслевыми нормативными показателями можно сделать вывод об эффективности и о целесообразности реализации данного проекта.

# 

***Глава 6. Безопасность жизнедеятельность.***

## 6.1 Охрана труда при строительно-монтажных работах оборудования связи.

Радиомодули «FlaxiMultiradio» компании «NokiaSiemensNetwork», а также оборудование компании «CiscoSystems», используемое в дипломном проекте имеет сертификат соответствия, содержащий требования безопасности.

В производственных помещениях распаковка оборудования запрещается. Для распаковки может быть использован коридор или другое помещение.

В соответствии с требованиями металлические части оборудования, которые вследствие повреждения изоляции могут оказаться под электрическим напряжением выше 42 В переменного тока и выше 110 В постоянного тока, должны быть заземлены.

При проведении строительно-монтажных работ должен использоваться электроинструмент с напряжением 42 В. При работах на высоте используются стремянки. При обслуживании и ремонте электроустановок запрещается применение металлических стремянок.

# 

# 6.2 Требования безопасности при эксплуатации антенно-мачтовых сооружений.

В данном проекте предусматривается установка антенн на радиобашни, высота которых находится в диапазоне 20-30 м.

Работы на конструкциях, не имеющих ограждения, а также работы, связанные с выходом за пределы ограждений, должны выполняться верхолазами. К самостоятельным верхолазным работам допускаются, лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и признанные годными, имеющие стаж верхолазных работ не менее одного года и тарифный разряд не ниже третьего.

Верхолазными считаются работы, выполняемые на высоте более 5 м от поверхности земли. Опасная зона вокруг мачт и башен определяется при эксплуатации и ремонте расстоянием от центра опоры (мачты, башни), равным 1/3 ее высоты.

Подъем людей на антенно-мачтовые сооружения запрещается:

* при неснятом напряжении свыше 42 В;
* во время грозы и при ее приближении;
* при гололеде, сильном дожде, снегопаде или тумане;
* при не пристегнутом к люльке карабине предохранительного пояса;
* при скорости ветра выше 12 м/с, в темное время;
* на подъемном устройстве, срок очередного испытания которого истек;
* на бракованных канатах; при неисправной лебедке;
* без защитной каски и предохранительного пояса.

Антенщику - мачтовику разрешается выполнять ремонтные работы на опоре лишь после того, как он прикрепится к ее конструкциям предохранительным поясом.Антенщики-мачтовики должны работать в защитных касках и специальной обуви (сапоги, ботинки без металлических гвоздей и подковок и с нескользящими подошвами).

Работы на АМС должны выполняться не менее чем двумя мачтовиками, один из которых является наблюдающим.

Сварочные работы разрешается производить с инвентарной люльки подъемного устройства при условии подвески люльки к грузовому канату.

Во время грозы и при ее приближении запрещается находиться около заземлителей. Работы на антенном поле необходимо прекратить, а людей перевести в помещение. На местах установки заземлителей должны быть установлены предупредительные плакаты «Стой! Напряжение».

## 

## 6.2.1. Электробезопасность

# Электробезопасность - система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Первая доврачебная помощь при несчастных случаях от электрического тока состоит из двух этапов: освобождение пострадавшего от действия тока и оказание ему медицинской помощи.

Основными мерами защиты от поражения током являются:

* обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, для случайного прикосновения; электрическое разделение сети;
* устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах и других частях электрооборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, защитным отключением.

## 6.2.2. Пожаробезопасность

Под пожарной безопасностью понимается такое состояние объекта, при котором с большой вероятностью предотвращается возможность возникновение пожара, а в случае его возникновения обеспечивается эффективная защита людей от опасных и вредных факторов пожара и спасение материальных ценностей.

Помещения должны быть оборудованы противопожарными средствами для тушения возгорания (огнетушителями).

Поскольку в рассматриваемом случае при возгораниях электроустройства могут находиться под напряжением, то использовать воду и пену для тушения пожара недопустимо, поскольку это может привести к электрическим травмам. Поэтому для тушения пожаров в рассматриваемом помещении можно использовать либо порошковые составы, либо установки углекислотного тушения.

## 6.2.3. Организация и улучшение условий труда на рабочем месте.

Организация работы по охране труда возлагается на начальника, главного инженера и заместителей начальника, которые несут ответственность за соблюдение действующего законодательства по охране труда, выполнение правил, норм, инструкций и решений вышестоящих организаций по охране труда.

Для поддержания длительной работоспособности человека большое значение имеет режим труда и отдыха. Под рациональным физиологически обоснованным режимом труда и отдыха подразумевается такое чередование периодов работы с периодом отдыха, при котором достигается высокая эффективность общественно-полезной деятельности человека, хорошее состояние здоровья, высокий уровень работоспособности и производительности труда.

Для поддержания длительной работоспособности человека имеет большое значение не только суточный и недельный режим труда и отдыха, но и месячный. А рациональный годовой режим труда и отдыха обеспечивается ежегодным отпуском.

Для создания оптимальных условий труда на рабочем месте необходимо, чтобы на предприятии были установлены оптимальные показатели этих условий для каждого вида производства, состоящие из данных, характеризующих производственную среду. Для получения доступа к работе все принимаемые должны проверить состояние здоровья, т.е. пройти медицинский профотбор.

**6.3. Расчет молннизащита**

Молниезащита – целый комплекс технических решений и специальных приспособлений. Молниезащитанужна для защиты от прямого удара молнии в здание, защиты от вторичных её проявлений, таких как перенапряжения (наводки, возникающие в электрических цепях при грозовом разряде).

Молниезащита разделяется на внешнюю и внутреннюю.

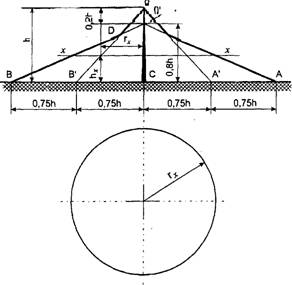
Состав внешнеймолниезащиты:

Молниеприемник — устройство, перехватывающее разряд молнии (громоотвод).

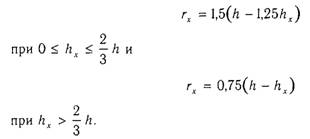
Тоководы (спуски) это часть системы молниезащиты, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприемника к заземлителю.

Заземлитель — металлический проводник в заглубленный в почву, обеспечивающий растекание тока молнии в землю.

Внутренняямолниезащита состоит из устройств защиты от импульсных перенапряжений и эффективной системы заземления.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода представляет собой в вертикальном сечении конус с образующей в виде ломаной линии.  
Построение зоны защиты для молниеотвода высотой h<60 м (рис. 16) производится следующим образом. От основания молниеотвода в противоположные стороны откладываются два отрезка СА' и СВ', равные 0,75h, концы полученных точек А' и В' соединяют с вершиной О молниеотвода. Далее на молниеотводе на высоте 0,8h находится точка О', которая соединяется прямой линией с концами отрезков СВ и СА, равных l,5h.  
   
Рис. 16. Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой до 60 м.

Ломаная BDO и является образующей зоны защиты для определения величины радиуса защиты rх, м, на любой высоте hx зоны защиты используют формулы:



*h=60м*

0,8h=48м rx=1,5\*(h-1,25\*hx)=1.5\*(60-1,25\*30)=15м

0,75h=45м

hx=30м

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

## В дипломном работе был затронут вопрос о внедрение технологии TD-LTE. В дипломном работе дана краткое рассмотрение основных параметров технологии LTE. Основу транспортной сети проектируемой сети LTE составляет IP-протокол, который служит для транспортировки трафика сети.

Главным исходным значением расчета явилась спектральная эффективность технологии LTE, которая заявлена в 3GPPRelease 9. Также проведен расчет количества абонентов, которое сможет обслужить планируемая сеть. Проведен выбор оборудования транспортной сети, в ходе которого предпочтение отдалось решению компании «CiscoSystems» для сетей LTE. Транспортная сеть проектируемой сети LTE реализована с помощью оптоволоконных линий передач по технологии Ethernet.

В дипломном проекте рассмотрены вопросы экологии, охраны труда и техники безопасности персонала, обслуживающего оборудование беспроводного доступа.

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.

# Литература

1. Гельгор А. Л. Технология LTE мобильной передачи данных: учебное пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.
2. Тихвинский В. О., Терентьев С. В., Юрчук А. Б. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010.
3. Севастьянов Б.В., Лисина Е.Б. Учебно-методическое пособие для выполнения раздела «Безопасность и экологичность проекта» в дипломном проектировании. - Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2002. – 61 с.
4. Трибушная В.Х. Учебно-методическое пособие для выполнения раздела «Технико-экономическое обоснование дипломного проекта» - Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2002. – 25 с.
5. Бейли Д., Райт Э. Волоконная оптика, теория и практика. – М.: Кудиц – Пресс, 2008.
6. ГОСТ 464-79, «Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов и антенн систем коллективного приема телевидения».
7. Абдул Базит. Расчет сетей LTE. – Хельсинский технологический университет, 2009.
8. Farooq Khan. LTE for 4G Mobile Broadband. Air Interface Technologies and Perfomance. – Cambridge University Press, 2009.
9. HarriHolma, AnttiToskala. LTE for UMTS. OFDMA and CS-FDMA Based Radio Access. – John Wiley Ltd, 2009.
10. StefaniaSesia. LTE. The UMTS Long Term Evilution. From Theory to Practice. – John Wiley Ltd, 2009.
11. 3GPP TS 36 104: «E-UTRA Base Station (BS) radio transmission and reception» (Release 9). April 2011.
12. [www.cisco.com](http://www.cisco.com) – официальный сайт в сети Интернет компании «CiscoSystems».