# ЛИЧНО ОТ МЕНЯ

# Меня зовут Андрей. В 2008 году я окончил железнодорожный университет (РГОТУПС). Диплом хотел написать на тему ADSL, что бы больше узнать о сетевых технологиях. Диплом, конечно, имеет железнодорожный уклон, потому что университет железнодорожный, и сам я работаю на железнодорожном узле связи старшим механиком связи. Но думаю, что данная «болванка» подойдет и тем студентам, которые не имеют к железной дороге никакого отношения.

# В результате всех *«согласований»* тема приобрела следующий вид:

«Проектирование систем абонентского доступа на основе технологии ADSL для Мичуринского регионального центра связи»

# Советую обязательно взять какой-нибудь *УЧАСТОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ,* а не рассчитывать на пустом месте, иначе получится просто описание. Привязываясь к участку, получается *ИНЖЕНЕРНЫЙ РАСЧЕТ*, выполняется самостоятельная работа.

# Диплом защищался с помощью презентации, плакаты не распечатывали.

# Надеюсь, что вам эта «болванка» поможет в написании диплома. Могу так же прислать:

# рецензию руководителя дипломного проекта;

* отчет по практике на тему" Включение и настройка аппаратуры МВТК-2 "

# *ЖЕЛАЮ УДАЧИ!*

АННОТАЦИЯ

В данном дипломном проекте рассматривается вопрос проектирования сети абонентского доступа для Мичуринского регионального центра связи. В проекте обосновывается необходимость развития широкополосного доступа на участке связи железнодорожного транспорта и выбрана технология ADSL. Произведен расчет пропускной способности для проектируемой сети доступа и для транспортной сети, расчет затухания регенерационных участков волоконно-оптической линии связи. Рассмотрены механизмы, позволяющие эффективно использовать абонентскую пару в кабеле, с помощью технологии ADSL. Разработана схема подключения проектируемого оборудования к устройствам электропитания. Рассчитана экономическая эффективность и срок окупаемости проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1 ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ЧАСТЬ 10

1.1 Особенности построения цифровой сети ОАО РЖД с использованием волоконно-оптических линий связи

1.2 Выбор технологии широкополосного доступа

1.3 Структура технологии ADSL

1.3.1 Типовая схема соединения ADSL

1.3.2 Функционирование ADSL с точки зрения протоколов

1.3.3 Алгоритм линейного кодирования в системах ADSL

1.3.4 Факторы, влияющие на параметры качества ADSL

1.4 Развитие ADSL. Технологии ADSL2, ADSL2+, READSL2

1.4.1 Технология ADSL2

1.4.2 Технология ADSL2+, READSL2

2 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ оснащенности участка проектирования

2.2 Характеристика оборудования DSLAM

2.3 Расчет пропускной способности для проектируемой сети доступа

2.3.1 Расчет количества потенциальных пользователей

2.3.2 Расчет трафика с учетом разделения на профили

2.4 Выбор транспортной сети

2.4.1 Транспортная сеть на основе существующего оборудования SDH

2.4.2 Транспортная сеть на основе маршрутизаторов CISCO 7604

2.5 Расчет затухания регенерационных участков

2.6 Разработка схемы подключения проектируемого оборудования к устройствам электропитания

3 ОХРАНА ТРУДА

3.1 Анализ потенциальных опасностей и вредностей на железнодорожных узлах связи

3.2 Влияние электрического тока на организм человека

3.3 Средства защиты от поражения электрическим током

3.4 Защитное заземление

3.4.1 Принцип действия и область применения защитного заземления

3.4.2 Расчет защитного заземления

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Расчет единовременных капитальных вложений

4.2 Расчет эксплуатационных расходов

4.2.1 Расчет заработной платы

4.2.2 Расчет расходов на социальные нужды

4.2.3 Расчет расходов на материалы и запасные части

4.2.4 Расчет платы за электроэнергию

4.2.5 Расчет амортизационных отчислений и прочих расходов

4.3 Определение экономической эффективности внедряемой сети абонентского доступа

4.3.1 Расчет средней прибыли от одного пользователя в месяц

4.3.2 Расчет прибыли от проектируемой сети доступа в год

4.3.3 Расчет чистого дисконтированного дохода (ЧДД) и срока окупаемости проекта графоаналитическим методом

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

# ВВЕДЕНИЕ

Информационные ресурсы в период перехода к глобальному информационному обществу (ГИО) становятся стратегическими наравне с запасами руды и нефти, сфера коммуникаций оказывается едва ли не основной для развития бизнеса, экономические модели и модели производства все более виртуализируются и т.д. Одним из направлений внедрения новых виртуальных технологий в жизнь является обеспечение максимально широкого доступа населения к информационным ресурсам общества и всей мировой цивилизации. Отсюда возникает необходимость модернизировать все современные системы связи: от магистральных сетей до конечного терминала. Такая модернизация в мировой и отечественной практике получила название сетей нового поколения (Next Generation Networks, NGN).

Решающая роль в стратегии развития железнодорожного транспорта отводится информатизации и внедрению современных информационных технологий во все сферы деятельности отрасли. Информатизация обеспечивает решение основной стратегической задачи транспорта - увеличение объемов перевозок при постоянном сокращении транспортных издержек. В свою очередь транспортные сети и сети доступа являются фундаментом общей системы информатизации и всей системы управления работой железнодорожного транспорта. Информационные системы позволяют контролировать сложные технологические процессы в режиме реального времени, что обеспечивает безопасность движения.

Концепция Triple Play была сформирована как чисто маркетинговая концепция услуг NGN. В ее основу был положен анализ возможных услуг, которые могут заинтересовать пользователей XXI века. Детальный анализ показал, что все современные услуги, какими бы сложными они не казались, могут быть представлены в виде комбинации трех базовых услуг:

- телефония;

- передача данных в широком смысле;

- телевидение, или передача телевизионной информации.

Телекоммукационная сеть железнодорожного транспорта на основе волоконно-оплической линии связи (ВОЛС) и оборудования SDH достаточно развита по всей территории России. Учитывая растущую популярность, приносящих доход услуг «Triple Play» , необходимо развитие широкополосного доступа для более эффективного использования существующей телекоммуникационной сети. Внедряемые сети широкополосного доступа можно использовать не только для коммерческих целей, но и для передачи данных информационных систем железнодорожного транспорта.

Использование технологий xDSL (цифровая абонентская линия) на существующей медной паре позволяет превратить абонентскую кабельную сеть в часть сети высокоскоростной передачи данных. Технологии xDSL позволяют значительно увеличить скорость передачи данных по медным парам проводов, при этом не требуют глобальной модернизации кабельной сети. Именно возможность преобразования существующих телефонных линий, при условии проведения определенного объема подготовительных технических мероприятий, в высокоскоростные каналы передачи данных и является преимуществом технологии xDSL .

В данном проекте было принято использовать технологию ADSL2+ (Asymmetric Digital Subscriber Line) – асимметричная цифровая абонентская линия. Асимметричный характер скорости передачи данных вводится специально, так как пользователь Интернет обычно загружает данные из сети в свой компьютер, а в обратном направлении идут либо команды, либо поток данных существенно меньшей скорости. Стандарт ADSL2+(G.992.5) представляет собой новый стандарт ADSL, обеспечивающий взаимодействие с существующими ADSL-решениями. В этом стандарте предусмотрены некоторые усовершенствования в отношении скорости и дальности передачи. Повышенная эффективность модуляции, уменьшение заголовка кадров, увеличение эффективности кодирования и применение усовершенствованных алгоритмов обработки потока позволяют повысить производительность по сравнению с линией DSL и обеспечить скорость передачи в направлении пользователя до 12 Мбит/с. Стандарт обладает расширенными диагностическими возможностями для выявления проблем, возникающих при обслуживании пользователей.

1 ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

1.1 Особенности построения цифровой сети ОАО РЖД с использованием волоконно-оптических линий связи

Вторичные сети ОАО РЖД представлены в виде телефонных сетей – оперативно-технологической (ОТС), общетехнологической (ОбТС) и сети передачи данных.

В настоящий момент происходят внедрения цифровой аппаратуры ОТС на участках, оборудованных волоконно-оптическими линиями связи (ВОЛС).

При разработке цифровой сети связи МПС следует учитывать ряд характерных ее особенностей:

- сеть концентрируется вдоль железной дороги, полностью отражая при этом ее конфигурацию;

- первичная сеть должна обеспечить формирование единого информационного потока, проходящего через последовательно расположенные пункты выделения. В этих пунктах часть потока ответвляется с целью обслуживания абонентов местной сети;

- в большинстве пунктов выделения ответвляется незначительная часть потока, составляющая от долей до нескольких процентов главного потока.

Использование на каждой станции дорогостоящих мультиплексоров для выделения малого потока, содержащего один или несколько первичных цифровых каналов (ПЦК), нерационально.

 Эта проблема решена использованием двухуровневой модели построения сети ОТС.

 Разработка оснащенности участка проводится с учетом существующей структуры первичной и вторичной сетей связи. Разрабатываемая сеть связи с использованием ВОЛС должна обеспечивать передачу и распределение всевозможных информационных потоков, необходимых для нормального функционирования производственных процессов всех подразделений железнодорожного транспорта и удовлетворения потребностей населения в услугах связи. Технологическая связь не просто обслуживает то или иное производство железнодорожного транспорта, а, непосредственно проникая в него, является одним из важнейших звеньев единого процесса управления производством, необходимым элементом производственных сил.

В современных условиях, когда научно-технический процесс автоматизации технологий позволяет перейти к автоматизации управления всей отраслью железнодорожного транспорта, необычно быстро возрастает потребность в обмене информации.

Структура первичной сети на железных дорогах соответствует иерархии управления. Выбор структуры цифровой первичной сети серьезная научная проблема в комплексе задач, относящихся к оптимизации системы оперативно-технологической связи. Цикл жизни потока первичной сети обычно значительно превышает цикл жизни вторичной сети, поэтому топология перспективной первичной сети должна быть оптимальной для всех организованных на ее основе вторичных сетей и для возможного расширения их функций и интеграции. Перенос всех вторичных сетей в единые средства передачи первичной сети возможен только при условии обеспечения ее надежности. Система обеспечения надежности в перспективной первичной сети один из самых важных ее элементов. Эта задача должна решаться разработкой и использованием целого комплекса организационных, технических и сетевых решений.

Построение цифровых сетей на железнодорожном транспорте с использованием цифровых систем передачи (ЦСП) синхронной цифровой иерархии (СЦИ) рационально осуществлять связь на магистральном, дорожном и отделенческом уровнях, используя стратегию “наложения” [6]. Это позволит создать качественно новую сеть, оптимальную по структуре, управлению и возможностям ее дальнейшего развития. Местные сети целесообразно разрабатывать на базе систем передачи цифровой информации на волоконно-оптических и существующих кабельных линиях передачи, используя стратегию “замещения” аналоговых систем передачи на цифровые. Причем, на существующих кабелях с медными жилами целесообразно использовать специальные технологии семейства хDSL. Таким образом, задача оптимального построения цифровой первичной сети связи является задачей рационального выбора технических средств, обеспечивающих удовлетворение потребностей в передаче и распределении всех видов информации на любом ее уровне.

В качестве основного вида направляющей системы при новом строительстве и увеличении пропускной способности существующей сети связи используется волоконно-оптический кабель (ВОК) как обладающий наибольшими помехозащищенностью, пропускной способностью, и допускающий различные варианты подвески, прокладки в зависимости от условий эксплуатации. Волоконно-оптические кабели, используемые при строительстве ВОЛС на грузонапряженных участках, где проходят магистральные и дорожные линии связи, должны иметь не менее 16 волокон. На малозагруженных участках не менее 8 волокон для обеспечения резервирования и защиты. Кабели должны быть с одномодовыми волокнами и сертифицированы для длин волн 1,31 и 1,55 мкм. Это позволит в случае необходимости осуществлять спектральное уплотнение оптических волокон.

ОТС железных дорог России, в качестве базовой, устанавливается кольцевая 2-уровневая модель цифровой сети.

Каждое направление сети строится с использованием колец нижнего уровня, охватывающих участки железной дороги, содержащие не более 50 исполнительных станций. Кольца нижнего уровня соответствуют видам ОТС отделенческого уровня и формируются в пределах участков ОТС. Каждое кольцо нижнего уровня образовано на базе пучка ПЦК с величиной информационного потока Е1 2048 Кбит/с в каждом. Количество ПЦК в пучке зависит от суммарного информационного потока в кольце нижнего уровня.

Порядок разбиения цифровой сети на кольца нижнего уровня устанавливается на этапе проектирования системы ОТС с учетом конфигурации первичной цифровой сети МПС, реализованной в конкретном регионе. При этом полученные в результате разбиения кольца могут не совпадать с диспетчерскими кругами соответствующих служб. Количество колец ПЦК нижнего уровня, объединенных в единую сеть ОТС отделения (дороги) одним кольцом верхнего уровня должно быть не более 20.

Кольца верхнего уровня, объединяя кольца нижнего с помощью мостовых станций, соединяют их с распорядительной станцией ЕДЦУ соответствующего направления. Кольца верхнего уровня формируются в масштабах отделения (или дороги), поэтому на их базе организуются виды ОТС дорожного и магистрального уровней.

Интерфейсы ПЦК предназначены для сопряжения станции с каналами цифровой сети ОТС.

Интерфейсы абонентских окончаний должны обеспечиваться с помощью адаптеров доступа сети (АДС), входящих в состав станций. Для этого АДС реализуют протоколы сопряжения с техническими средствами абонентов.

Все параметры абонентских окончаний и комплектность АДС определяются для каждой станции на этапе проектирования.

Поток Е1, в котором выделен общий канал сигнализации (ОКС), должен проходить через все мостовые станции и распорядительную станцию данного направления.

Для организации связи диспетчеров, круги которых охватывают несколько направлений, аппаратура распорядительных станций каждого направления объединяется внутренним кольцом Е1. В аппаратуре мостовых и распорядительных станций производиться полупостоянное соединение канальных интервалов колец нижнего и верхнего уровней в соответствии со схемами диспетчерских связей каждого направления. Для организации междиспетчерских связей распорядительные станции ЕДЦУ объединяются дополнительными каналами Е1.

Возможен вариант резервирования диспетчерских связей с исполь-зованием существующей аналоговой сети и резервного диспетчерского пульта ПДР, устанавливаемого на рабочем месте диспетчера. ПДР обеспечивает возможность работы по каналу диспетчерской телефонной связи и поездной радиосвязи. Пульт ПДР подключается непосредственно к четырехпроводным каналам ТЧ аналоговой системы передачи.

В кольцевых структурах каждого уровня для обеспечения надежности (живучести) сети ОТС не рекомендуется использование «плоских» колец, организованных в одном кабеле ВОЛС.

При отсутствии возможности организации колец в разных, желательно территориально разнесенных, кабелях ВОЛС или с помощью каналов Е1 обходных направлений в дорожной сети ОТС необходимо для построения кольца использовать кабели с металлическими жилами, по которым можно (с использованием технологий хDSL или аналоговых систем передачи и трансмультиплексоров) организовать каналы Е1. Для организации «пространственного» кольца верхнего уровня рекомендуется также использовать потоки Е1, выделенные в системе передачи магистральной сети, имеющей пространственную кольцевую структуру. Как правило, это системы STM-4 или STM-16.

Должна быть предусмотрена возможность использования для организации колец нижнего уровня прямых каналов ТЧ. Количество ТЧ каналов, используемых для резервирования, должно быть равно количеству диспетчерских связей, сохраняемых при повреждении основного направления.

Объемы передаваемой информации по цифровой сети железнодорож-ного транспорта с каждым годом возрастают. Передача данных требует более высоких скоростей. Можно получать дополнительную прибыль от квартирных абонентов, желающих пользоваться услугой высокоскоростного доступа в глобальную сеть Интернет. Учитывая все это, существует потребность развития широкополосного доступа. Следует отметить необходимость создания широкополосного доступа для мобильных абонентов, именно такого доступа нет в существующих сетях.

1.2 Выбор технологии широкополосного доступа

Сети доступа должны либо создаваться заново, либо использовать имеющиеся ресурсы [1]. И если транспортную сеть оператор может строить, как хочет, то сети доступа в современных революционных условиях он вынужден строить, как может. Если есть проводная телефонная сеть – следует использовать провода (xDSL). Нет проводов – можно прокладывать волокно до пользователя (FTTx). Нет возможности проложить волокно - можно использовать радиодоступ (Wi-Fi, WiMAX, WLL и пр.). Нельзя разместить базовую станцию радиодоступа – можно использовать ресурсы сотовых сетей (GPRS). Именно поэтому в области технологий доступа богатство технических решений намного превосходит технологии транспортных сетей.

На развитие кабельного хозяйства местной связи , в течение многих лет, затрачены огромные ресурсы и силы. Поэтому самым простым и экономичным методом организации широкополосного доступа является адаптация существующего абонентского кабеля для целей сети доступа NGN.

В таблице 1.1 приведены различные стандарты технологии ADSL. Можно достаточно скептически отнестись к значениям скорости (особенно ADSL2+), и утверждать что ни один из абонентов не сможет получить 24 Мбит/с по линии вниз. Необходимо понимать, что это максимум, и технология ADSL не будет обеспечивать каждого пользователя такой скоростью. Но технология обещает максимально эффективно использовать абонентскую пару при передаче данных.

Удобство миграции абонентов из телефонной сети в сеть

NGN, которое дает технология ADSL, неоспоримо. В том случае, когда абоненту необходимо предоставить широкополосный доступ как можно быстрее и с минимальными издержками, технология ADSL почти не имеет конкурентов среди проводных решений.

Завершая рассмотрение вопроса о структуре традиционной технологии

Таблица 1.1 – Стандарты технологии ADSL

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Технология | Стандарт | Годвыпуска | Максимальнаяскорость передачи |
| ADSL | G.992.1 | 1999 | 7 Мбит/с вниз,800 кбит/с вверх |
| ADSL2 | G.992.3 | 2002 | 8 Мбит/с вниз,1 Мбит/с вверх |
| ADSL2+ | G.992.5 | 2003 | 24 Мбит/с вниз,1 Мбит/с вверх |
| ADSL2-RE | G.992.3 | 2003 | 8 Мбит/с вниз,1 Мбит/с вверх |

ADSL, обратим внимание, что эта технология при всех ее преимуществах является «заплаточной», т.е. представляется всего лишь промежуточным и временным решением между существующими в настоящее время сетями телефонии и перспективными сетями NGN.

Единственное универсальное решение, которое имеет перспективу в NGN – перестройка абонентских кабельных сетей, т.е. полная реконструкция и создание отдельной широкополосной абонентской сети. При этом состав абонентской сети меняется качественно. Если раньше абонентские кабельные сети использовали металлические кабели, то с появлением абонентских сетей NGN наступает эра оптики, и только оптические кабели могут обеспечить почти бесконечный ресурс для любого перспективного развития абонентского NGN.

В настоящее время уже имеется целая концепция абонентских кабельных сетей нового поколения. Связана она с семейством концепций FTTx, что в переводе означает «Оптика до…». Соответственно, вместо х добавляются различные пункты доведения оптического транспорта до пользователя (рис.1.1):

FTTB (Fiber To The Building) - оптическая система передачи до дома;

FTTC (Fiber To The Curb) - оптическая система передачи до распределительной коробки;

FTTCab (Fiber To The Cabinet) - оптическая система передачи до распределительного шкафа;

FTTP (Fiber To The Premises) - оптическая система передачи до сегмента сети;

FTTO (Fiber To The Office) - оптическая система передачи до офиса;

FTTH (Fiber To The Home) - оптическая система передачи до квартиры;

FTTU (Fiber To The User) - оптическая система передачи до конечного пользователя.

Еще одна причина последовательной динамики перехода в абонентской системе с ADSL на FTTx представлен на рис.1.2. Здесь показан процесс эволюции загрузки пучка абонентских линий. На первом этапе весь пучок реализуется под задачи телефонной связи за исключением нескольких абонентов ADSL. По мере роста популярности услуг ADSL доля пар, используемых для широкополосной передачи, растет. Наступает момент, который связан с состоянием пучка абонентских пар, когда абоненты ADSL начинают влиять друг на друга. Наконец наступает состояние, которое можно назвать максимальным процентом услуг ADSL в кабельной системе. После достижения критического соотношения между телефонными абонентами и абонентами ADSL в пучке любое новое подключение абонента ADSL приводит к существенному ухудшению качества для всех остальных абонентов ADSL. Дальнейшее увеличение скорости передачи в нем невозможно и тогда требуется реконструкция абонентского кабеля на основе технологии FTTx.

Достижение на пучках сети критического соотношения может занять не одно десятилетие, что и обеспечивает технологии ADSL статус очень перспективной. Таким образом, технология ADSL может считаться «заплаточной», временной, но в то же время очень перспективной и современной.

1.3 Структура технологии ADSL

1.3.1 Типовая схема соединения ADSL

Технология ADSL базируется на идее использовать существующую абонентскую телефонную линию для обеспечения абонентов услугами широкополосного доступа. При этом в технологию были заложены некоторые основополагающие принципы:

- в технологии предусмотрена организация асимметричного обмена данными;

- при внедрении ADSL объем работ должен быть минимальным, поскольку технология ADSL изначально ориентирована на массовое внедрение;

- при любых нарушениях в оборудовании или сети NGN традиционная телефонная связь должна работать;

- в технологии используются существующие абонентские линии телефонной сети, в каком бы состоянии они не были.

На этих основаниях выросла вся структура технологии ADSL и произошел процесс миграции обычной телефонной линии в систему абонентского широкополосного доступа ADSL (рис 1.3).

В основе типовой схемы абонентского подключения лежит использование принципа частотного разделения. Весь сигнал, передаваемый по абонентской

линии, делится в частотном диапазоне на три части (рис.1.4):

- диапазон передачи сигналов традиционной телефонии;

- диапазон для ADSL линия вверх ;

- диапазон для ADSL линия вниз .

Асимметричный обмен предусматривает, что скорость передачи данных от абонента к узлу сети (линия вверх) будет заведомо меньше, чем скорость передачи от узла сети к абоненту (линия вниз). Поэтому для передачи данных по линии вверх отводится меньший частотный диапазон в телефонном канале. Технология ADSL занимает общий диапазон до 1,1 МГц.

Телефонный сигнал занимает диапазон от 0,3 до 20 кГц, ADSL по линии вверх – диапазон от 30 кГц до 140 кГц, а сигнал ADSL по линии вниз - от 140 до 1100 кГц.

Для обеспечения частотного разделения сигналов по обеим сторонам бывшей телефонной линии устанавливаются разветвители сигнала (сплиттеры), которые выполняют функции разделения между цепями телефонии и широкополосного доступа ADSL. Телефонная связь (или связь ISDN) передается, как и раньше, в своем частотном диапазоне. В зависимости от того, являлась ли абонентская линия линией обычной телефонной сети или линией ISDN, различаются два стандарта ADSL :

1. В случае использования обычной телефонной линии телефонная связь передается в диапазоне от 300 до 3400 Гц, ADSL занимает частоты,

начиная с 30 кГц.

2. В случае использования линии ISDN данные ISDN передаются в диапазоне до 80 кГц, a ADSL занимает частоты, начиная со 138 кГц.

Сплиттеры представляют собой пассивные элементы, сделанные на основу двух фильтров: фильтра высоких частот (ФВЧ) и фильтра низких частот (ФНЧ).

Их основное назначение – обеспечить разделение трафика ADSL и трафика традиционной телефонии/ISDN. Сплиттеры не требуют для своей работы питания, так как представляют собой пассивные элементы.

Рассмотрим элементы, добавляемые к абонентскому подключению для обеспечения широкополосного доступа. Со станционной стороны добавляется оборудование DSLAM (DSL Access Multiplexer - мультиплексор доступа DSL), выполняющее функции преобразования сигналов ADSL в ячейки ATM, которые затем передаются в сеть.

1.3.2 Функционирование ADSL с точки зрения протоколов

От рассмотрения ADSL как технологии использования существующей абонентской пары перейдем к изучению всего комплекса устройств в составе абонентского включения ADSL. Для этого проследим преобразование данных в различных протоколах от компьютера до сервера Интернет-провайдера (ISP), основываясь на том факте, что широкополосный доступ создается в первую очередь для активной работы пользователя в сети Интернет. На рис 1.5 показана вся цепочка различных устройств, участвующих в процессе передачи данных и наиболее частая схема взаимодействия по уровням протоколов.

Данные пользователя передаются в виде запросов протокола верхнего уровня HTTP, который применяется в Интернете. Для передачи данных кадры HTTP упаковываются в транспортные кадры TCP/IP и передаются на модем ADSL. Для этого могут использоваться различные интерфейсы обмена, наиболее часто – Ethernet или USB.

Ключевая роль модема ADSL состоит в том, чтобы преобразовать данные пользователя в формат, удобный для передачи через ADSL. Модем не работает с данными верхних уровней, для него существуют только кадры TCP/IP. Для передачи кадров по цепи абонентского доступа модем формирует четырехуровневую структуру ADSL, включающую физический уровень протокола ADSL, канальный уровень на основе ATM, уровень РРР для контроля связности канала в режиме точка-точка и собственно TCP/IP.

Главная цель преобразования данных в модеме в том, чтобы сформировать довольно сложную структуру ADSL. Сформированные в модеме кадры ADSL в виде модулированного сигнала поступают в используемую для передачи телефонную линию и передаются на DSLAM. Обычно на один DSLAM приходится несколько (иногда несколько сотен) подключений модемов.

DSLAM представляет собой довольно простое устройство, которое работает с данными только на уровне ADSL и ATM. Основная задача DSLAM - восстановление данных из кадров ADSL и формирование потока ячеек ATM, который будет передаваться дальше по сети. Нельзя забывать, что технология ADSL родилась в середине 1990-х, когда стратегической концепцией построения мультисервисных сетей являлась технология ATM.

Тогда вполне логично считалось, что преобразование данных пользователя в ячейки ATM на стороне сети заведомо обеспечивает функции широкополосного доступа. В современной концепции NGN технология ATM сохранена только как служебная. По этой причине оказалось необходимым преобразовать ячейки ATM в более привычную для современных сетей форму на базе TCP/IP. В состав цепи абонентского доступа было включено еще одно устройство, получившее название сервера широкополосного удаленного доступа (Broadband Remote Access Server, BRAS). Такое устройство представляет собой краевой маршрутизатор IP для интеллектуального управления широкополосным доступом. BRAS позволяет управлять параметрами трафика от пользователей ADSL на уровне канала передачи данных пакетного трафика. Например, регулирование скорости передачи данных от пользователя в сеть осуществляет именно BRAS. Сейчас операторы сетей доступа DSL для ограничения прямого и обратного трафика используют на узлах доступа ATM фиксированные профили скорости, что возможно реализовать без помощи BRAS. Но на перспективу для предоставления гибко адаптируемой пропускной способности потребуются более тонко настраиваемые механизмы, и реализовать такие функции без краевого маршрутизатора оказывается затруднительным. Кроме того, на фоне растущего спроса на пропускную способность операторы региональных

сетей и сетей доступа нуждаются в более гибкой масштабируемости решений, и здесь BRAS становится тоже важным элементом.

Управление потоком пакетного трафика IP в DSLAM не может быть реализовано, DSLAM поддерживает только уровень ATM, не выше. Помимо функций управления потоком BRAS выполняет важную функцию по преобразованию форматов данных, так что этот элемент действительно выполняет краевую задачу: после него данные передаются по сети

Подводя итог вышесказанному, отметим, что с точки зрения функционирования системы ADSL, критичной является связка модем и

DSLAM, где, собственно, ADSL присутствует. Все остальные элементы схемы широкополосного абонентского доступа (см.рис.1.5) могут быть отнесены к абонентским устройствам NGN или вообще составным частям транспортной сети NGN.

1.3.3 Алгоритм линейного кодирования в системах ADSL

Специфическая особенность ADSL – это использование модуляции 256DMT, о чем необходимо сказать подробнее. Метод передачи информации, разработанный для ADSL, состоит в том, что для передачи сигналов используются 256 несущих. Это означает, что в канале передачи работают 256 мини-модемов, каждый из которых передает информацию на своей несущей. Применение такой методики позволяет повысить эффективность использования ресурса за счет компенсации любых селективных шумовых влияний на параметры передачи. Между несущими устанавливается защитный интервал 4312,5 Гц. Часть несущих отдается под передачу данных по линии вверх, часть - для передачи по линии вниз (рис.1.6). Передача данных на несущей осуществляется посредством амплитудно-фазовой модуляции (Quadrature Amplitude Modulation, QAM).

Объем передаваемой информации на отдельной несущей зависит от соотношения сигнал/шум на данной частоте. Если на несущей соотношение сигнал/шум оказывается небольшим, то количество бит/с на ней устанавливается меньшим. В результате распределение скорости передачи по частоте в абонентской паре повторяет зависимость отношения сигнал/шум от частоты. В качестве примера функционирования единого алгоритма передачи256DMT/QAM (рис. 1.7) представлен вариант абонентской линии, в которой присутствует неравномерность амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и селективная помеха. В результате профиль уровней передачи сигнала ADSL повторяет профиль АЧХ, селективная помеха воздействует не на весь сигнал ADSL, а только на одну или несколько несущих. Двухшаговый алгоритм 256DMT/QAM адаптирует передачу цифрового потока к любым параметрам абонентской пары.

1.3.4 Факторы, влияющие на параметры качества ADSL

Можно выделить две группы факторов влияющих на параметры качества ADSL:

- влияние параметров абонентской кабельной пары,

- влияние со стороны пары модем-DSLAM.

Наиболее интересным для эксплуатации фактором, непосредственно влияющим на параметры качества ADSL, являются параметры абонентской кабельной пары. Поскольку абонентский кабель и его параметры не привносится технологией ADSL извне, а уже имеется у оператора.

Базовые параметры абонентской пары полностью описаны в нормативных документах и хорошо известны. К основным базовым параметрам можно отнести:

- наличие постоянного/переменного напряжения на линии;

- сопротивление абонентского шлейфа;

- сопротивление изоляции абонентского шлейфа;

- емкость и индуктивность абонентского шлейфа;

- комплексное сопротивление линии на определенной частоте (импеданс линии);

- симметрию пары в смысле омического сопротивления.

Значения перечисленных параметров определяют качество абонентской пары, и уже на этом основании можно говорить, что они важны для паспортизации кабелей под ADSL.

Кроме базовых параметров существуют специализированные параметры кабеля. Процедурно специализированные параметры отличаются от базовых тем, что любые измерения этих параметров всегда опираются на методики частотного тестирования линии. Согласно данным методикам для диагностики абонентского кабеля следует подать тестовый специализированный сигнал (воздействие) и анализировать качество прохождения такого сигнала по линии (отклик).

К специализированным параметрам относятся:

- затухание в кабеле;

- шум в широкой полосе частот и отношение сигнал/шум;

- амплитудно-частотная характеристика (АЧХ);

- переходное затухание на ближнем конце;

- переходное затухание на дальнем конце;

- импульсные помехи;

- возвратные потери;

- симметрия пары в смысле неравномерности характеристик передачи.

Еще один фактор, непосредственно влияющий на параметры качества ADSL на уровне абонентского кабеля, - наличие в кабеле неоднородностей. Любые неоднородности в абонентском кабеле негативно сказываются на параметрах передачи. В случае передачи широкополосного сигнала через параллельную отпайку передаваемый сигнал сначала разветвляется, а затем отражается от несогласованного конца отпайки. В результате на стороне приемника два сигнала – прямой и отраженный – накладываются друг на друга, причем отраженный сигнал может рассматриваться как шумовой.

Уровень деструктивного влияния отраженного сигнала будет напрямую зависеть от уровня отражения на отпайке. Из теории сигналов уровень отражения будет тем выше, чем больше частота передаваемого сигнала. В результате любые системы широкополосной передачи оказываются очень чувствительными к любым неоднородностям в кабеле. В случае ADSL чувствительность к неоднородностям немного компенсируется адаптивной подстройкой пары модем-DSLAM, так что наличие отпаек не отменяет возможность передачи. Но в случае отпайки скорость передачи ADSL резко падает, что позволяет производителям оборудования и системщикам выдвигать требования о недопустимости никаких неоднородностей в кабеле для ADSL.

Увлекшись темой диагностики абонентских пар, многие специалисты готовы приравнять эксплуатацию ADSL к задаче диагностики кабелей. Но это неправильно. На общие параметры качества доступа ADSL влияет эффективность работы пары модем-DSLAM. Здесь сказывается несколько факторов.

1. Технология ADSL предусматривает технологическую независимость

параметров DSLAM и модема, эти устройства могут быть разного производства. Любые варианты нестыковки в паре модем-DSLAM должны

сказываться на качестве доступа ADSL.

2. Фактор нестыковки на уровне «рукопожатия» может проявиться в том,

что модем и DSLAM могут установить не самый эффективный режим работы и обмена данными.

3. На уровне диагностики соединения фактор нестыковки может привести

к неправильной настройке эквалайзеров и эхокомпенсаторов, что скажется на параметрах скорости передачи. Здесь же может присутствовать фактор нарушения в работе только одного устройства. Например, сама процедура настройки эхокомпенсатора в модеме может оказаться некорректной и могут возникнуть нарушения. Аналогичные нарушения могут быть вызваны некор-ректной работой процедур выравнивания уровня сигнала в DSLAM и т.д.

4. Аналогичные проблемы могут быть обусловлены нестыковкой на уровне диагностики канала. Здесь нарушения в процессе согласования схем кодирования и любые сбои в работе алгоритмов диагностики SNR могут привести к ухудшению качества подключения ADSL.

1.4 Развитие ADSL. Технологии ADSL2, ADSL2+, READSL2

1.4.1 Технология ADSL2

Технология ADSL2 оформилась в виде стандарта в 2002 г. В основе ADSL2 была использована традиционная технология ADSL, но в рамкахADSL2 были сделаны доработки для повышения эффективности.

Итак, в технологию ADSL2 были внесены следующие дополнения ADSL:

- модернизация алгоритма модуляции и схемы кодирования и повышение эффективности работы физического уровня;

- внедрение алгоритма управления мощностью передачи;

- оптимизация процедуры инициализации модема;

- функции диагностики абонентского кабеля в процессе работы пары модем-DSLAM;

- разработаны три новых механизма адаптации процесса передачи данных к нарушениям в параметрах абонентской линии;

- разработана схема работы ADSL2 только в режиме цифровой передачи, без аналогового телефонного сигнала;

- режим быстрого запуска модема позволил существенно сократить время восстановления обмена данными в ADSL2.

Важным для практики нюансом технологии ADSL2 является реализация в рамках этой технологии режима управления мощностью передачи. Напомним, что для ADSL не предполагался «спящий» режим модема. Модем ADSL всегда активен, за счет чего увеличиваются в целом энергопотребление на стороне пользователя и уровень переходных помех в кабеле. В технологии ADSL2 были установлены три режима работы устройства:

- L0 – режим максимальной мощности передачи (используется в случае передачи высокоскоростного трафика);

- L2– режим низкого энергопотребления (соответствует передаче фонового трафика, например трафика Интернет);

- L3 – «спящий режим» (включается, когда абонент не использует ADSL).

В технологии появляется диагностика параметров абонентской пары. Измеряются наиболее критичные параметры пары: уровень шума, уровень затухания сигнала, отношения сигнал/шум и пр. Согласно стандарту измерения проводятся с двух сторон линии, со стороны модема и со стороны DSLAM. Причем допускается ситуация, когда качество линии таково, что установить по ней связь по ADSL нельзя, но можно включить диагностический режим. Вообще, для диагностики имеют место три режима:

- диагностика в процессе передачи данных;

- диагностика в процессе инициации модема, во время настройки параметров пары модем-DSLAM;

- диагностика в специальном режиме, позволяющем выполнить полный

спектр измерений.

Согласно стандарту ADSL2 в процессе работы пары модем-DSLAM диагностируются следующие параметры абонентской пары:

- характеристика канала на каждой несущей – эквивалент АЧХ;

- уровень шумов на каждой несущей;

- отношение сигнал/шум на каждой несущей;

- затухание в линии;

- затухание сигнала;

- запас по соотношению сигнал/шум;

- максимальная скорость передачи данных;

- уровень наведенной мощности на ближнем конце;

- уровень наведенной мощности на дальнем конце.

Еще одним важным следствием развития технологии ADSL2 явилось появление трех новых алгоритмов адаптации процесса передачи ADSL к условиям передачи сигналов ADSL. Рассмотрим еще три алгоритма, позволяющие еще лучше адаптировать ADSL к любым условиям передачи сигналов.

Алгоритмы работают по одному принципу, позволяют без нарушения связи подстроить режим передачи пары модем-DSLAM таким образом, чтобы компенсировать влияние вновь появившейся помехи. Этим данные алгоритмы отличаются от уже известного нам 256DMT/QAM, обеспечивающего подстройку параметров пары модем-DSLAM перед началом обмена. Таким образом, имеется возможность компенсировать нерегулярные помехи, связанные с переходными помехами, явлениями интерференции, импульсными шумами и пр., т.е. наиболее «капризные» помехи.

Всего в технологии ADSL были разработаны три алгоритма адаптации.

1. Алгоритм Bit Swapping1 (BS), суть которого состоит в том, что при возникновении селективной помехи трансиверы используют резерв в канале передачи, «перетаскивая» данные с поврежденных несущих на

более благополучные.

2. Алгоритм объединения данных (Dynamic Rate Repartitioning, DRR), который позволяет компенсировать разницу в задержках данных от разных каналов передачи за счет изменения параметров настройки мультиплексоров.

3. Алгоритм адаптации скорости передачи (Seamless Rate Adaptation, SRA) позволяет выровнять скорости различного трафика за счет изменений настроек того же управляющего мультиплексора.

Алгоритм BS присущ самой технологии ADSL2 и является обязательным в реализации на всем оборудовании ADSL2. Два других алгоритма считаются дополнительными, поскольку связаны с управляющими командами от различных приложений.

Лучше всего иллюстрировать работу алгоритма BS примером. На верхнем (рис.1.8) представлена ситуация возникновения помехи, которая воздействует на некоторые несущие. Согласно традиционному алгоритму

адаптации 256DMT/QAM для уменьшения влияния данной помехи мы должны уменьшить уровень QAM на пораженных несущих. Опыт показывает, что соответствующее уменьшение скорости передачи не всегда адекватно уровню помехи. Это определяется тем, что QAM регулируется в высшей степени дискретно. Например, если на всех несущих используется модуляция QAM-4096, что соответствует 12 битам на один передаваемый символ, то согласно 256DMT/QAM мы должны перейти на уровень, например, QAM-1024, для которого скорость передачи будет уже 10 бит на символ. Это эквивалентно уменьшению SNR на данной несущей на 6 дБ. Но уменьшение скорости может не соответствовать реальному уровню SNR на пораженных несущих. Алгоритм BS предлагает альтернативное решение рассматриваемой проблемы. На всех непораженных несущих существует определенный резерв пропускной способности, связанный с разницей между реальной скоростью передачи данных на несущей и максимально допустимой. В алгоритме BS предполагается «перетащить» пораженные помехой символы на резервные места в структуре сигнала (см. рис.1.8). В результате такого «перетаскивания» скорость обмена не уменьшается, но адаптация к существующей помехе выполняется в полной мере.

Технология ADSL2 немного улучшила ситуацию с переходными помехами за счет внедрения «спящего» режима в работе модемов.Тем не менее, фактор взаимного влияния пар друг на друга есть и остается ограничением на потенциальное число абонентов в пучке.

Специфика переходной помехи заключается в том, что в случае установления слабой связи между парами, работа абонента ADSL в одной паре приводит к появлению широкополосного шумового фона в другой паре, так как шум от переходной помехи логично проявляется во всем рабочем диапазоне частот ADSL. И чем будет больше связей между парами, тем меньше окажется абонентов в пучке. Помочь может алгоритм BS, следствием которого является «перетекание» сигналов между связанными парами в пучке в разные диапазоны (рис.1.9)

Алгоритм объединения данных (Dynamic Rate Repartitioning, DRR) позволяет компенсировать разницу в задержках данных от разных каналов передачи за счет изменения параметров настройки мультиплексоров. Смысл этого алгоритма заключается в том, что он позволяет внутри одного потока данных ADSL установить несколько каналов передачи данных с целью регулирования задержки передачи для каждого канала (рис.1.10). Это особенно востребовано в концепции Triple Play, где разные категории трафика имеют разные требования к задержке в процессе передачи.

Передача данных в целом некритична к задержке, тогда как передача речевой информации очень критична к этому параметру. Алгоритм DRR предусматривает в начале работы ADSL предоставление всей полосы передачи потоку LP1, поскольку вначале нет необходимости передачи голосовой информации. Но с появлением первого вызова CVoDSL (передача голоса в системе DSL по выделенному каналу) часть полосы передачи с высоким приоритетом отводится передаче голоса, а полоса передачи, отводимая данным, уменьшается. Появление второго вызова еще больше уменьшает полосу для передачи данных, поскольку передача голоса в алгоритме DRR является более приоритетной. Как только вызовы CVoDSL заканчиваются, вся полоса снова отводится передаче данных.

Таким образом, в технологии ADSL2 был реализован механизм распределения ресурсов канала передачи ADSL между разными категориями трафика, что само по себе делает серьезный шаг вперед по пути адаптации ADSL к концепции Triple Play.

Рисунок 1.10 – Алгоритм объединения данных

Еще одним дополнительным адаптивным алгоритмом, реализованным в технологии ADSL2, является алгоритм адаптации скорости (Seamless Rate

Adaptation, SRA).

Рассмотрим случай, когда на канал передачи воздействует нерегулярная помеха (рис.1.11), например радипомеха от внешнего источника. Эта помеха присутствует только в течение ограниченного времени. В традиционной технологии ADSL реакция в системе доступа будет следующей. Радиопомеха вызывает повышение уровня шумов во всем диапазоне или в его части. Как следствие, с существующими параметрами настройки передать информацию оказывается невозможным. Модем начинает перезагрузку и повторную инициацию. Инициация занимает в среднем 10 с. В процессе инициации пара модем-DSLAM устанавливает новые параметры обмена и новую совокупную скорость передачи в канале. Даже если после этого радиопомеха исчезнет, скорость обмена останется меньше той, которая была установлена изначально.

Алгоритм SRA (см. рис.1.11) выполняет подстройку скорости в режиме реального времени без необходимости перезагрузки модема. Для этого устанавливается режим изменения схемы модуляции без влияния на параметры циклового синхронизма, что в традиционной технологии ADSL не предполагалось. В результате применения алгоритма SRA при появлении радиопомехи скорость обмена данными уменьшается, но как только помеха устраняется, скорость принимает начальное значение.

Широкая популярность технологии VoDSL привела к необходимости предусматривать варианты использования ADSL только в «цифровом режиме», без выделения ресурса под передачу сигнала традиционной телефонной связи (рис.1.12). Основным преимуществом при переводе ADSL в чисто цифровой режим работы является увеличение скорости передачи данных по линии вверх, что оказывается крайне востребованным для любых приложений VoDSL.

1.4.2 Технология ADSL2+, READSL2

Технология ADSL2 означала реформирование традиционной технологии ADSL. Ее последователи - ADSL2+ и READSL2 - преследовали более прикладные цели: расширение полосы передачи и зоны покрытия услугами. Тот факт, что технология ADSL2+ была стандартизирована в 2003 г., т.е. через год после ADSL2, показывает, что никаких новых технологических прорывов здесь не было сделано.

 Единственное, что отличает технологию ADSL2+ от ADSL2 - это диапазон работы. Традиционная технология ADSL и ADSL2 работали в диапазоне до 1,1 МГц, а для расширения полосы передачи в технологии ADSL2+ было предложено просто увеличить диапазон работы вдвое, т.е. до 2,2 МГц. В результате увеличилось количество несущих DMT и, как следствие, увеличилась совокупная скорость передачи.

Напомним, что для традиционной технологии ADSL обязательной скоростью по линии вниз являлась скорость 6,144 Мбит/с, а максимально допустимой – 8 Мбит/с. Для ADSL2 соответствующие параметры составляли 8 и 15 Мбит/с. Для ADSL2+ параметры увеличились соответственно до 16 и 24,5 Мбит/с.

Следует отметить, что все преимущества ADSL2+ в части более высокой скорости обмена, актуальны только для пользователей, расположенных вблизи узла связи. При удалении абонента на 2,5 км разницы между технологиями ADSL2и ADSL2+ не существует, более того, небольшие оптимизации в цикловой структуре и схемах кодирования, принятые в ADSL2+, привели к тому, что эта технология даже несколько хуже, чем ADSL2 работает на протяженных абонентских линиях. Никаких других принципиальных отличий в технологиях ADSL2 и ADSL2+ не существует. Но необходимо учесть, что все перечисленные в предыдущем разделе технологические новшества ADSL2 применяются и в технологии ADSL2+ .

Так же мало, как о технологии ADSL2+ можно сказать о READSL2. Эта технология ставила своей задачей обеспечить большую зону покрытия услугами ADSL пользователей, удаленных от узла связи. За счет чего достигается дальность технологии READSL2. Принцип довольно простой: использовать ту же мощность, что имеет ADSL, но в меньшем диапазоне. За счет этого технология READSL2 способна покрывать большие расстояния При этом в самой технологии нет ничего особенного, поскольку она не позволяет предоставлять удаленным абонентам большую скорость. Существует зависимость скорости передачи (рис.1.13) для абонентов ADSL

и READSL2 от длины абонентской линии. Видно, что «битва» идет за абонентов, удаленных от узла связи более 5 км. На таком расстоянии скорость ADSL стремительно падает, a READSL2 продолжает работать, в чем и есть ее главное преимущество.

Среди рассмотренных технологий семейства ADSL следует выбрать оборудование, поддерживающее ADSL2+. Эта технология наиболее эффективно использует существующую абонентскую пару в кабеле. READSL2 обеспечивает максимальную дальность, но подключение оборудования с поддержкой READSL2 возможно после большого количества предварительных заявок от абонентов, удаленных от узла связи.

2 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ оснащенности участка проектирования

В Мичуринском региональном центре связи в качестве магистральных линий связи применяются как симметричные кабели (МКПАШп, МКСАШп и т. д.) различной емкости, так и волоконно-оптический кабель, который существует еще не на всех участках (рис. 2.1). Если сеть магистральной связи организована с использованием волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), то на участке обязательно действует симметричный кабель. Наличие медного кабеля обусловлено резервированием, а также необходимостью организации различных видов связи (линейно-путевая связь, перегонная связь, аварийно восстановительная связь и т.д. ) непосредственно на перегоне.

Тип волоконно-оплического кабеля, применяемого на участках связи ОКМС-А-4/2(2,4) Сп-12(2)/4(5):

- ОКМС- оптический кабель магистральный самонесущий;

- защитные покровы А- обмотки из арамидных нитей;

- внешняя оболочка – полиэтиленовая (в обозначении не указывается);

- число ОМ в кабеле – 6, в том числе 4 – с оптическими волокнами и 2 – заполняющих (без волокон);

- номинальный наружный диаметр ОМ – 2,4 мм;

- центральный силовой элемент кабель Сп – стеклопластиковый пруток;

- число оптических волокон – 16, в том числе 12 типа G.652, и 4 – G.655;

- тип оптического волокна (2) – G.652, (5) – G.655.

Сеть магистральной связи организована с использованием ВОЛС и систем передачи, построенных на основе мультиплексоров SDH типа STM-4, STM-16, размещаемых на расстоянии 60-80 км. Передача данных в сети магистральной связи осуществляется с использованием концентраторов и маршрутизаторов.

Технологический сегмент телекоммуникационной сети содержит в своем составе сети оперативно-технологической связи (ОТС), общетехнологической связи (ОбТС) и передачи данных оперативно-технологического назначения (СПД-ОТН).

Технологическая связь организована на основе цифровой и аналоговой сетей.

Цифровая сеть технологической связи построена на базе ВОЛС, используемых и для сети магистральной связи, и систем передачи SDH типа STM-l, STM-4, размещаемых на каждой станции (через 10-20 км).

Рассмотрим на примере участок Тамбов – Мичуринск (рис. 2.2). На такие железнодорожные узлы связи как Мичуринск, Тамбов, Никифоровка заводятся все 16 оптических волокон, на остальные станции заводятся только 6 оптических волокон (№11÷№16). На каждом узле связи к ОВ №13 и ОВ №14 подключено оборудование «МЦП 155 КА» (STM-l). К оптическим волокнам №1÷№10 на железнодорожных узлах связи Тамбов и Мичуринск подключается оборудование STM-4(16). Станция Никифоровка является малонаселенным пунктом, поэтому там оборудование STM-4(16) устанавливается, либо не устанавливается по двум причинам:

- необходимость подключения к существующей транспортной сети;

- если энергетический потенциал оборудования в Тамбове и Мичуринске является недостаточным и требуется установка регенератора.

Оборудование ОТС, ОбТС, СПД-ОТН подключается как к цифровым каналам Е1, имеющим скорость передачи 2048 Кбит/с (2Мбит/с), так и к симметричным кабелям.

В пределах данного проекта мною планируется осуществить организацию широкополосного доступа на основе технологии ADSL для квартирных абонентов железнодорожных АТС. Необходимо выбрать железнодорожные узлы связи, на которых имеются АТС с емкостью 1000 номеров и более. На выбранных узлах связи должна быть возможность подключения к волоконно-оптическому кабелю.

В Мичуринском региональном центре связи данным требованиям удовлетворяют четыре узла связи: Грязи Воронежские (АТС КЭ “Квант” – 2048 номеров) , Мичуринск (АТС КЭ “Квант” – 2048 номеров), Кочетовка (АТС КЭ “Квант” – 2048 номеров), Тамбов (декадно-шаговая АТС – 1000 номеров). В текущем году по Тамбову будет осуществлена замена декадно-шаговой АТС на цифровую АТС «DEFINITY». При составлении проекта АТС «DEFINITY» были включены мероприятия по замене тех кабелей местной связи, которые не удовлетворяют номам. Это является благоприятным фактором для технологии ADSL, так как качество широкополосного доступа во многом зависит от состояния абонентской линии.

2.2 Характеристика оборудования DSLAM

Настоящим дипломным проектом предусматривается организация узлов СПД с доступом к Глобальной сети «Интернет» с технологией ADSL2+ с применением продукта DSLAM «SI2000» производства фирмы «Iskratel» (Словения).

Мультисервисный продукт операторского класса DSLAM «SI2000» создан на основе платформы универсального доступа и имеет функции интегрированного программного коммутатора под названием ICS. Наличие ICS делает DSLAM усовершенствованным продуктом для создания интеллектуальных мультисервисных сетей. Поэтому DSLAM применяется в различных типовых сетевых конфигурациях, предоставляя требуемые услуги, как пользователям квартирного сектора, так и предприятиям.

DSLAM, производства фирмы «Iskratel», может использоваться в качестве различных устройств от узла широкополосного доступа и узла доступа TDM до узла универсального доступа, шлюза доступа и шлюза соединительных линий. DSLAM «SI2000» занимает уникальное место на рынке и может применяться в качестве интегрированных шлюза сигнализации и медиа-шлюза, а также в качестве местной станции.

При проектировании высокоэффективных сетей доступа с применением продукта DSLAM используется технология «Gigabit Ethernet», оптоволоконные каналы и современные протоколы сигнализации. Помимо стандартных пользовательских и сетевых интерфейсов, DSLAM поддерживает уникальную функцию встроенного программного коммутатора CS, который обеспечивает плавную модернизацию существующей инфраструктуры ТфОП и упрощает переход к сетям следующего поколения и интеграцию в такие сети.

Кроме того, DSLAM «SI2000» включает в себя систему централизованного управления, которая позволяет управлять дистанционно всеми сетевыми элементами и наблюдения за ними. Она снижает затраты на конфигурирование и контроль посредством всестороннего управления диагностикой, конфигурированием, рабочими характеристиками, тарификацией и регистрацией тарифных данных.

В связи с тем, что DSLAM имеет внутренние соединения платформы «Gigabit Ethernet» с высокой пропускной способностью без ограничений и дублированные платы коммутатора Ethernet с гигабитными оптоволоконными сетевыми интерфейсами, он может использоваться для предоставления новых, приносящих доход услуг «Triple Play» (услуги передачи данных и речи, мультимедийной информации, IP-телевидение), предъявляющих очень жесткие требования к оборудованию.

Для улучшения функции передачи речи, в оборудовании предусмотрено:

- сжатие голосового трафика;

- определение присутствия голосового сигнала (VAD);

-дополнительные услуги (SS);

-генерация комфортного шума (CNG);

-эхоподавление;

-буферизация джиттера.

В проектируемой 19 “ стойке, на каждом узле связи, устанавливается следующее оборудование:

- коммутатор IDC12;

- абонентские комплекты ADSL2+ в количестве 7 штук по 48 портов (всего 336 портов для подключения потенциальных абонентов).

Напряжение питания 48 В или 60 В постоянного тока.

2.3 Расчет пропускной способности для проектируемой сети доступа

2.3.1 Расчет количества потенциальных пользователей

Предположить какое количество абонентов захотят подключить услугу доступа к сети Интернет по технологии ADSL достаточно сложно. Некоторым абонентам может быть вообще отказано в услуге из-за большого удаления от АТС, либо из-за неудовлетворительного состояния абонентской пары. На количество потенциальных пользователей также влияет развитие сети доступа других операторов.

Абонентов железнодорожных АТС можно разделить на две группы: железнодорожные организации и квартирные абоненты. Услуга широкополосного доступа интересует прежде всего квартирных абонентов. Для железнодорожных организаций существует своя сеть – Интранет. Интранет – это корпоративная объединенная сеть, обеспечивающая работу ключевых Интернет-приложений [2]. Эта сеть функционирует в пределах организации для внутренних целей, имеет с глобальной сетью Интернет, но достаточно ограниченное.

Предположим, что 10 % квартирных абонентов подключат услугу широкополосного доступа в течение двух лет (по 5% в год). Расчет потенциальных пользователей оформим в виде таблицы 2.1.

Таблица 2.2 – Количество потенциальных пользователей

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Железнодорожный узел связи | Количество квартирных абонентов | Количество потенциаль-ных пользователей |
| Мичуринск  | 413 | 41 |
| Кочетовка  | 600 | 60 |
| Грязи Воронежские  | 1456 | 146 |
| Тамбов | 421 | 42 |
| итого:  | 289 |

2.3.2 Расчет трафика с учетом разделения на профили

Методы обеспечения качества обслуживания занимают одно из важнейших мест в технологиях сетей с коммутацией пакетов, так как без их применения невозможна работа современных мультимедийных приложений, таких как IP-телефония, видео- и радиовещание, интерактивное дистанционное обучение и т. п. [4]. Эти методы оперируют параметрами, характеризующими скорость передачи данных, задержку пакетов и потерю пакетов. Набор механизмов достаточно широк и большинство из них учитывает и использует в своей работе факт существования в сети трафика различного типа.

В зависимости от класса обслуживания, подключаемым абонентам может предоставляться либо гарантированная полоса пропускания (CBR), либо негарантированная (UBR).

Сервис CBR (constant bit rate, сервис с постоянной битовой скоростью) представляет собой наиболее простой класс сервиса. Когда сетевое приложение устанавливает соединение CBR, оно заказывает пиковую скорость трафика, которая является максимальной скоростью, которое может поддерживать соединение без риска потерять пакет. Затем данные передаются по этому соединению с запрошенной скоростью - не более и, в большинстве случаев, не менее. Сервис CBR предназначен специально для передачи голоса и видео в реальном масштабе времени.

В отличие от CBR, сервис UBR (unspecified bit rate, неопределенная битовая скорость) не определяет ни битовую скорость, ни параметры трафика, ни качество сервиса. Сервис UBR предлагает только доставку "по возможности", без гарантий по утере пакетов, задержке пакетов или границам изменения задержки. Разработанный специально для возможности превышения полосы пропускания, сервис UBR представляет собой адекватное решение для тех непредсказуемых "взрывных" приложений, которые не готовы согласиться с фиксацией параметров трафика. Вместе с тем, UBR позволяет обеспечить максимальную пропускную способность в том, случае, когда происходит сложение нескольких потоков данных, имеющих разнесенные во времени пики нагрузки.

Современные мультиплексоры DSLAM могут устанавливать различные профили по нескольким параметрам. Для более точного расчета пропускной способности проектируемой сети доступа необходимо разделить трафик на профили.

Одним из способов обеспечения качества обслуживания пользователя является ограничение скорости доступа для безлимитных тарифных планов.

Профили «UBR+» (условно назовем их «1 UBR+», «2 UBR+», «3 UBR+», «4 UBR+», « 5 UBR+») выберем для безлимитных тарифов. Для каждого профиля устанавливается максимальная скорость передачи данных (таблица 2.2).

Для пользователей имеющих лимит трафика, входящего в оплату, доступ в сеть ограничивается тем, что за каждый превышенный Мбайт придется заплатить (см. приложение 3, приложение 4). Для этих тарифных планов оговаривается, что скорость доступа определяется техническими возможностями узла, к которому осуществляется подключение. На эту скорость влияет:

- развитие транспортной сети;

- состояние абонентской пары;

- удаленность абонента от узла связи;

- развитие сети доступа и транспортной сети, откуда происходит получение данных.

Для пользователей имеющих лимит трафика, входящего в оплату, установим профиль со средней скоростью 2048 кбит/с. Условно назовем этот профиль «UBR».

Необходимо учесть два варианта пропускной способности для проектируемой сети доступа. Вариант№1: максимальное использование безлимитных тарифных планов, вариант№2: минимальное использование безлимитных тарифных планов.

Для каждой сети доступа необходимо соблюдение условия:

UBR + UBR+ < GE, (2.1)

где UBR – сумма скоростей доступа всех профилей UBR, Мбит/с;

UBR+ – сумма скоростей доступа всех профилей UBR+, Мбит/с;

GE – эффективная пропускная способность используемой среды передачи «Gigabit Ethernet», GE = 1000 Мбит/с.

Произведем расчет для Варианта№1. Предположим, что все пользователи регионального центра связи в какой-то момент времени выберут безлимитные тарифы:

-5 % – профиль 1 UBR+ (скорость доступа не более 2048 кбит/с);

-10 % – профиль 2 UBR+ (скорость доступа не более 1024 кбит/с);

-20 % – профиль 3 UBR+ (скорость доступа не более 512 кбит/с);

-30 % – профиль 4 UBR+ (скорость доступа не более 256 кбит/с);

-35 % – профиль 5 UBR+ (скорость доступа не более 128 кбит/с).

Количество пользователей для каждого профиля вычислим по формуле:

, (2.2)

где – количество пользователей профиля

N – общее количество пользователей узла связи

– количество пользователей i-го профиля, выраженное в процентах

Скорость для всех пользователей одного профиля рассчитываем по формуле:

 (2.3)

где – скорость доступа для всех пользователей одного профиля

– скорость доступа для каждого профиля

На основании формул (2.2) и (2.3):

 (2.4)

Рассчитаем необходимую скорость для сети доступа узла связи Кочетовка. Количество потенциальных пользователей равно 60 (см. таблица 2.1)

 Мбит/с

 Мбит/с

 Мбит/с

 Мбит/с

 Мбит/с

UBR+ = 6,144+6,144+6,144+4,608+2,688 = 25,728 Мбит/с

25,728 Мбит/с < 1000 Мбит/с

Условие (2.1) для сети доступа узла связи Кочетовка выполняется.

Необходимо рассчитать скорость для сети доступа узлов связи Грязи Воронежские, Мичуринск, Тамбов. Вычисления достаточно однообразны и отличаются только количеством пользователей, поэтому целесообразно оформление расчетов в виде таблиц (таблица 2.2, таблица 2.3, таблица 2.4 таблица 2.5).

Таблица 2.2 – Расчет скорости для сети доступа узла связи Кочетовка

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль трафика | Скорость доступа для профиля, не более, кбит/с | Процент абонентов профиля,% | Количество абонентов каждого профиля | Общ. скорость доступа, для каждого профиля,кбит/с |
| 1 UBR+ | 2048 | 5 | 3 | 6144 |
| 2 UBR+ | 1024 | 10 | 6 | 6144 |
| 3 UBR+ | 512 | 20 | 12 | 6144 |
| 4 UBR+ | 256 | 30 | 18 | 4608 |
| 5 UBR+ | 128 | 35 | 21 | 2688 |
| Общая скорость для сети доступа узла связи, кбит/с | 25728 |

Таблица 2.3 – Расчет скорости для сети доступа узла связи Грязи Воронежские

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль трафика | Скорость доступа для профиля, не более, кбит/с | Процент абонентов профиля,% | Количество абонентов каждого профиля | Общ. скорость доступа, для каждого профиля,кбит/с |
| 1 UBR+ | 2048 | 5 | 7 | 14336 |
| 2 UBR+ | 1024 | 10 | 15 | 15360 |
| 3 UBR+ | 512 | 20 | 29 | 14848 |
| 4 UBR+ | 256 | 30 | 44 | 11264 |
| 5 UBR+ | 128 | 35 | 51 | 6528 |
| Общая скорость для сети доступа узла связи, кбит/с | 62336 |

62,336 Мбит/с < 1000 Мбит/с

Условие (2.1) для сети доступа узла связи Грязи Воронежские выполняется.

Таблица 2.4 – Расчет скорости для сети доступа узла связи Мичуринск

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль трафика | Скорость доступа для профиля, не более, кбит/с | Процент абонентов профиля,% | Количество абонентов каждого профиля | Общ. скорость доступа, для каждого профиля,кбит/с |
| 1 UBR+ | 2048 | 5 | 2 | 4096 |
| 2 UBR+ | 1024 | 10 | 4 | 4096 |
| 3 UBR+ | 512 | 20 | 8 | 4096 |
| 4 UBR+ | 256 | 30 | 12 | 3072 |
| 5 UBR+ | 128 | 35 | 15 | 1920 |
| Общая скорость для сети доступа узла связи, кбит/с | 17280 |

17,280 Мбит/с < 1000 Мбит/с

Условие (2.1) для сети доступа узла связи Мичуринск выполняется.

Таблица 2.5 – Расчет скорости для сети доступа узла связи Тамбов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль трафика | Скорость доступа для профиля, не более, кбит/с | Процент абонентов профиля,% | Количество абонентов каждого профиля | Общ. скорость доступа, для каждого профиля,кбит/с |
| 1 UBR+ | 2048 | 5 | 2 | 4096 |
| 2 UBR+ | 1024 | 10 | 4 | 4096 |
| 3 UBR+ | 512 | 20 | 8 | 4096 |
| 4 UBR+ | 256 | 30 | 12 | 3072 |
| 5 UBR+ | 128 | 35 | 16 | 2048 |
| Общая скорость для сети доступа узла связи, кбит/с | 17408 |

17,408 Мбит/с < 1000 Мбит/с

Условие (2.1) для сети доступа узла связи Мичуринск выполняется.

Произведем аналогичный расчет для варианта №2. Предположим, что наибольшей популярностью будут пользоваться тарифы имеющие лимит трафика, входящего в оплату и таких пользователей будет 75 %.

-5 % – профиль 1 UBR+ (скорость доступа не более 2048 кбит/с);

-5 % – профиль 2 UBR+ (скорость доступа не более 1024 кбит/с);

-5 % – профиль 3 UBR+ (скорость доступа не более 512 кбит/с);

-5 % – профиль 4 UBR+ (скорость доступа не более 256 кбит/с);

-5 % – профиль 5 UBR+ (скорость доступа не более 128 кбит/с).

-75 % – профиль UBR (средняя скорость доступа 2048 кбит/с.).

Расчет оформим в виде таблиц (таблица 2.6, таблица 2.7, таблица 2.8, таблица 2.9)

Таблица 2.6 – Расчет скорости для сети доступа узла связи Кочетовка

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль трафика | Скорость доступа для профиля, не более, кбит/с | Процент абонентов профиля,% | Количество абонентов каждого профиля | Общ. скорость доступа, для каждого профиля,кбит/с |
| 1 UBR+ | 2048 | 5 | 3 | 6144 |
| 2 UBR+ | 1024 | 5 | 3 | 3072 |
| 3 UBR+ | 512 | 5 | 3 | 1536 |
| 4 UBR+ | 256 | 5 | 3 | 768 |
| 5 UBR+ | 128 | 5 | 3 | 384 |
| UBR | 2048 | 75 | 45 | 92160 |
| Общая скорость для сети доступа узла связи, кбит/с | 104064 |

104,064 Мбит/с < 1000 Мбит/с

Условие (2.1) для сети доступа узла связи Кочетовка выполняется.

Таблица 2.7 – Расчет скорости для сети доступа узла связи Грязи Воронежские

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль трафика | Скорость доступа для профиля, не более, кбит/с | Процент абонентов профиля,% | Количество абонентов каждого профиля | Общ. скорость доступа, для каждого профиля,кбит/с |
| 1 UBR+ | 2048 | 5 | 7 | 14336 |
| 2 UBR+ | 1024 | 5 | 7 | 7168 |
| 3 UBR+ | 512 | 5 | 7 | 3584 |
| 4 UBR+ | 256 | 5 | 7 | 1792 |
| 5 UBR+ | 128 | 5 | 7 | 896 |
| UBR | 2048 | 75 | 111 | 227328 |
| Общая скорость для сети доступа узла связи, кбит/с | 255104 |

255,104 Мбит/с < 1000 Мбит/с

Таблица 2.8 – Расчет скорости для сети доступа узла связи Мичуринск

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль трафика | Скорость доступа для профиля, не более, кбит/с | Процент абонентов профиля,% | Количество абонентов каждого профиля | Общ. скорость доступа, для каждого профиля,кбит/с |
| 1 UBR+ | 2048 | 5 | 2 | 4096 |
| 2 UBR+ | 1024 | 5 | 2 | 2048 |
| 3 UBR+ | 512 | 5 | 2 | 1024 |
| 4 UBR+ | 256 | 5 | 2 | 512 |
| 5 UBR+ | 128 | 5 | 2 | 256 |
| UBR | 2048 | 75 | 31 | 63488 |
| Общая скорость для сети доступа узла связи, кбит/с | 71424 |

71,424 Мбит/с < 1000 Мбит/с

Таблица 2.9 – Расчет скорости для сети доступа узла связи Тамбов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Профиль трафика | Скорость доступа для профиля, не более, кбит/с | Процент абонентов профиля,% | Количество абонентов каждого профиля | Общ. скорость доступа, для каждого профиля,кбит/с |
| 1 UBR+ | 2048 | 5 | 2 | 4096 |
| 2 UBR+ | 1024 | 5 | 2 | 2048 |
| 3 UBR+ | 512 | 5 | 2 | 1024 |
| 4 UBR+ | 256 | 5 | 2 | 512 |
| 5 UBR+ | 128 | 5 | 2 | 256 |
| UBR | 2048 | 75 | 32 | 65536 |
| Общая скорость для сети доступа узла связи, кбит/с | 73472 |

73,472Мбит/с < 1000 Мбит/с

При расчетах соблюдается условие UBR + UBR+ < GE для каждого узла связи, поэтому выбранный вариант построения сети доступа является правильным.

2.4 Выбор транспортной сети

2.4.1 Транспортная сеть на основе существующего оборудования SDH

Любая сеть доступа сопровождается транспортной сетью. Именно поэтому оборудование DSLAM «SI2000» производства фирмы «Iskratel» имеет в своем составе модуль «Gigabit Ethernet» (с оптическим интерфейсом) для подключения к транспортной сети. Плата имеет оптический интерфейс. В связи с тем, что на всех железнодорожных узлах связи (Мичуринск, Кочетовка, Грязи Воронежские, Тамбов) существует оборудование ADM16/1 (STM-16), то его можно использовать в качестве транспортной сети (рис.2.3). Оборудование ADM-16/1 также имеет модуль «Gigabit Ethernet».

Помещения АТС и оборудование «ТрансТелекома» находятся в одном здании, поэтому выбранное оборудование SDH и оборудование DSLAM «SI2000» необходимо соединить оптическими коннекторами. Оптические коннекторы не имеют прочного защитного покрова, поэтому прокладываются по кабельросту в гофрированной трубе из полиропилена.

Скорость первого уровня SDH иерархии STM-1 равна 155,52 Мбит/c, но суммарная полезная нагрузка действительной АТМ ячейки в STM-1 составляет 149,76 Мбит/с [3]. STM-4 имеет скорость 622,080 Мбит/с, STM-16 имеет скорость 2488,320 Мбит/с. Суммарная полезная скорость равна 149,76•4•4=2396,16 Мбит/с.

Для выбранной транспортной сети необходимо соблюсти следующее условие:

 < STM-16пол ,(2.5)

где – скорость доступа i-го узла связи, Мбит/с;

STM-16пол – полезная скорость, равная 2396,16 Мбит/с.

 = 104,064+255,104+71,424 +73,472=504,064 Мбит/с

Условие (2.5) для выбранной транспортной сети выполняется. Необходимо понимать, что в существующем оборудовании ADM-16/1 уже задействованы потоки Е1, модули Fast Ethernet на каждом узле связи, поэтому скорость для проектируемой сети доступа будет меньше 2396,16 Мбит/с. Потребность в очередных подключениях к аппаратуре ADM-16/1 с каждым годом будет только расти, следовательно необходимо рассмотреть другой вариант транспортной сети. Необходимо также учесть, что сеть доступа нельзя расширять дальше, если транспортная сеть имеет ограничение по пропускной способности.

2.4.2 Транспортная сеть на основе маршрутизаторов Cisco 7604

Рассмотрим транспортную сеть на основе маршрутизаторов Cisco 7604 (рис.2.12). На всем участке есть свободные оптические волокна. Маршрутизатор Cisco 7604 имеет возможность включать в свой состав модули STM-16.

Устройство Cisco 7604 OSR (Optical Services Router) – модульные магистральные маршрутизаторы, предназначенные для обработки больших объемов высокоскоростного трафика и предоставления IP-сервисов.

Cisco 7604 OSR обеспечивает возможность перехода к массовому

использованию IP в оптических сетях для тех операторов, которые осуществляют агрегацию каналов на граничных участках сети и предоставляют соответствующие сервисы.

Маршрутизаторы Cisco 7604 поддерживают порт-адаптеры глобальных сетей WAN (Wide Area Networcs), совместимые с сериями Cisco 7200 и 7500 и с модулем FlexWAN, что обеспечивает полную интеграцию и переход от скоростей DS0 (64 кбит/с) к потокам OC3/STM-1 (150 Мбит/с).

Характеристики Cisco 7604:

Тип управляющего ПО: Cisco IOS Software.

Модульные интерфейсы:

- Optical service modules (OSMs):

Packet over SONET (POS): 8-портовый OC-3c/STM-lc POS с 4-портовым Gigabit Ethernet; 16-портовый OC-3c/STM-lc POS с 4-портовым Gigabit Ethernet; 2-портовый ОС-12с STM-4c POS с 4-портовым Gigabit Ethernet; 4-портовый OC-12c/STM-4c POS с 4-портовым Gigabit Ethernet; 1-портовый OC-48c/STM-16c POS с 4-портовым Gigabit Ethernet. ATM: 2-портовый OC-12c/STM-4c ATM с 4-портовым Gigabit Ethernet. Gigabit Ethernet: 4-портовый Gigabit Ethernet WAN.

4 или 7 слотов могут использоваться под оптические модули OSM и любую комбинацию LAN интерфейсов семейства Catalyst 6000/6500, включая модуль Flex WAN.

Мною принято решение выбрать транспортную сеть на основе маршрутизаторов Cisco 7604. Эта транспортная сеть потребует дополнительных затрат денежных средств на закупку оборудования, но, учитывая популярность и преспективу развития широкополосного доступа, эти затраты необходимы.

Одна из потенциальных сетей доступа (рис.2.4) может использоваться для передачи данных для Единой системы мониторинга и администрирова-ния (ЕСМА) сетей связи ОАО "РЖД". Задачи решаемые системой:

- обеспечение управления сетью связи технологического сегмента ОАО «РЖД» в целом;

- обеспечение эффективного мониторинга параметров функционирования оборудования сети связи;

-поддержка заданных параметров функционирования и качества сервисов;

-обеспечение адекватной и своевременной реакции на возникновение не штатных ситуаций;

-прогнозирование поведения сети связи в различных условиях;

-инвентаризация сетевого оборудования;

-планирование развития сетевой инфраструктуры.

2.5 Расчет затухания регенерационных участков

По мере распространения оптического сигнала по линии происходит снижение уровня мощности и усиление влияния дисперсии. Таким образом длина регенерационного участка Lмах ограничивается либо ослаблением, либо уширением (изменением длительности импульсов в линии).

Энергетический потенциал (Э) ВОСП определяется как разность между

уровнем мощности оптического сигнала Рпер , введенного в ОВ, и уровнем мощности Рпр на входе приемного устройства, при котором коэффициент ошибок регенератора не превышает заданного значения, установленного для ВОСП [5]. Энергетический потенциал определяет максимально допустимое затухание оптического сигнала в ОВ, разъемные и неразъемных соединениях на участке регенерации, а также другие потери в узлах ВОСП.

Максимальная длина регенерационного участка, при условии обеспечения допустимого ослабления, вычисляется по формуле (2.6):

 (2.6)

где – максимальная длина регенерационного участка;

 Э – энергетический потенциал системы;

α *н* – потери в неразъемном соединении ОВ, *aн* = 0,1 дБ;

α *р* – потери в разъемном соединении ОВ, *ар* = 0,5 дБ;

*np* – количество разъемных соединений на участке;

*Aз* – эксплуатационный запас (обычно принимается *Aз* = 6 дБ);

*lсд* – строительная длина ОК, *lсд* = 4км;

α – коэффициент затухания одномодового оптического волокна, α = 0,22 дБ/км;

∆α – увеличение затухания ОВ при температуре воздуха ниже -40ºС,

∆α не превышает 0,05 дБ.

Затухание на участке регенерации определяется по формуле (2.7)

 (2.7)

где *Lр* – длина регенерационного участка;

*nн* – количество неразъемных соединений на участке.

Количество разъемных соединений ОВ на всех участках будет разное. Все 16 ОВ (на проектируемом участке) заводятся на следующих железнодорожных узлах связи: Мичуринск, Кочетовка, Грязи Воронежские, Тамбов, Никифоровка, Никольское, Избердей (рис.1.3). При расчете максимальной длины регенерационных участков необходимо учитывать, что каждый из перечисленных узлов связи добавляет два разъемных соединения.

Характеристика участка Грязи Воронежские – Мичуринск:

- энергетический потенциал аппаратуры Э = 30дБ;

- количество разъемных соединителей *np* = 6;

-длина регенерационного участка *Lр* = 59 км;

- количество сварных соединений *nн* =15.

Произведем расчет для участка Грязи Воронежские – Мичуринск.

*Lр* < 70,85 км;

Затухание на данном регенерационном участке определяется согласно формуле (2.7)

= 59·0,22 + 0,1·15 + 6·0,5 = 17, 48 дБ

Характеристика участка Мичуринск - Тамбов:

- энергетический потенциал аппаратуры Э = 30дБ;

- количество разъемных соединителей *np* = 4;

-длина регенерационного участка *Lр* = 66 км;

- количество сварных соединений *nн* =17.

Произведем расчет для участка Мичуринск - Тамбов.

*Lр* < 74,24 км;

Затухание на данном регенерационном участке определяется согласно формуле (2.7)

= 66·0,22 + 0,1·17 + 4·0,5 = 18, 22 дБ

Характеристика участка Кочетовка – Мичуринск:

- энергетический потенциал аппаратуры Э = 30дБ;

- количество разъемных соединителей *np* = 2;

-длина регенерационного участка *Lр* = 9 км;

- количество сварных соединений *nн* =3.

Произведем расчет для участка Кочетовка – Мичуринск.

*Lр* < 77,63 км

Затухание на данном регенерационном участке определяется согласно формуле (2.7)

= 9·0,22 + 0,1·3 + 2·0,5 = 3,28 дБ

На всех регенерационных участках соблюдается условие: *Lр* < , следовательно нет необходимости устанавливать дополнительное оборудование для усиления сигнала на железнодорожных узлах связи Никифоровка, Никольское, Избердей (рис.1.3).

2.6 Разработка схемы подключения проектируемого оборудования к устройствам электропитания

Проектируемое оборудование необходимо подключить к устройствам электропитания. Схемы электропитания четырех узлов связи достаточно похожи, поэтому будет рационально рассмотреть один железнодорожный узел связи станции Тамбов (рис.2.14).

Электропитание осуществляется по двум раздельным линиям (фидерам) от двух независимых источников внешних сетей переменного тока. В качестве третьего независимого источника переменного тока предусматривается установка в доме связи автоматизированного дизель-генератора (ДГА). Поскольку аппаратура связи не допускает даже кратковременных перерывов питания, возникающих, например при переключении фидеров, то ДГА дополняется аккумуляторной батареей [7], емкость которой рассчитывается исходя из электропитания аппаратуры связи в аварийных условиях в течение одного часа.

Гарантированное питание обеспечивается устройством ВРЩ (вторичный распределительный щит). В помещении Транстелекома «Мультиплексорная», также существует дополнительный разъем для подключения ДГА. К негарантированному питанию подключается кондиционеры, пятьдесят процентов осветительных устройств и розеток с напряжением питания 220 вольт.

Выпрямительные устройства «NTX» обеспечивают напряжение постоянного тока 48 вольт. Аккумуляторные батареи включаются по способу буферной работы с выпрямителями в режиме непрерывного подзаряда.

Устройство DSLAM «SI2000» питается от источника постоянного тока 48 вольт. Мною принято решение подключить DSLAM к аккумуляторной батарее, которая работает совместно с устройством NTX4031.5-540.

Устройство Cisco 7604 питается от источника напряжения переменного тока 220 вольт. Для исключения кратковременных перерывов питания устройства, его необходимо подключить к аккумуляторной батарее, которая находится в помещении «Мультиплексорная». Это подключение возможно осуществить с помощью инвертора «Штиль PS48/700» ( 48 вольт, 700 ватт). Данное устройство крепится в существующей 19” стойке.

Мною принято решение использовать все силовые кабели марки ВВГнг-LS. Это силовой медный кабель, нераспространяющий горение. В случае возгорания обеспечивает пониженное выделение дыма и газа. Если использовать любой другой кабель, то его необходимо заключать в гофрированную трубу из полипропилена.

3 ОХРАНА ТРУДА

3.1 Анализ потенциальных опасностей и вредностей на железнодорожных узлах связи

Анализ травматизма среди лиц, работающих с аппаратурой связи, показывает, что на первом месте находятся случаи, связанные с воздействием электрического тока на человека.

При производстве измерений линий связи возможно воздействие на работника атмосферных разрядов, а также постороннего напряжения. В процессе измерений сам прибор может выдавать в линию (например при измерении изоляции линии связи) напряжение постоянного или переменного тока. Поэтому работник, проводящий измерения, может поразить электрическим током себя или работника, находящегося на другом конце линии. Вызывное напряжение автоматических телефонных станций составляет от 80 до 110 вольт.

Электропитание узлов связи осуществляется от трехфазного источника переменного тока с линейным напряжением 380 вольт.

Работы в линейно-аппаратных залах и в других помещениях могут производиться на высоте.

Возможны два случая неисправностей, в результате которых человек может быть поражен электрическим током: наличие оголенных проводов и контактов; пробой напряжения на корпус электрооборудования, из-за повреждения изоляции. В обоих случаях человек окажется под фазным напряжением сети.

При коротком замыкании возникает электрическая дуга.

3.2 Влияние электрического тока на организм человека

Напряжения и токи прикосновения представляют собой основные опасные факторы электромагнитного поля (ЭМП) электроустановок при их эксплуатации.

Исход опасного воздействия ЭМП на человека при случайном прикосновении к токоведущим частям электрооборудования или частям, которые при нарушении изоляции могут оказаться под напряжением ЭМП, может быть различным. В одних случаях прикосновение человека к указанным частям электрооборудования будет сопровождаться прохождением через его тело малых токов и не будет иметь опасных последствий, в других — токи могут достигать значений, способных вызвать электрическую травму и даже смертельное поражение.

С точки зрения физиологического действия на организм человека следует различать два уровня напряжений и токов, при которых происходят существенно различающиеся явления, сопровождающие протекание тока через тело человека при случайных прикосновениях, а именно:

-высокий уровень — разрушающее тонкую структуру тканей действие (тепловое и электролитическое разрушение), вызывающее электрический пробой живой ткани с образованием узкого канала, по которому протекает весь ток, сопровождающееся тяжелыми ожоговыми повреждениями конечностей в месте контакта с электроустановкой, характеризующееся напряжениями выше 600—1000 В и токами более 500 мА;

-низкий уровень — раздражающее и болевое действие, характеризующееся напряжениями прикосновения, не превышающими 600 В и токами менее 500 мА, протекающими по нервным и мышечным тканям организма.

Наличие двух уровней физиологического действия напряжений прикосновения и токов, по существу, явилось причиной разделения ЭУ в отношении мер безопасности на ЭУ до 1000 В и выше.

Действие электрического тока на организм человека проявляется ожогами в месте прикосновения и особенно при возникновении электрической дуги.

Наиболее опасное последствие для жизнедеятельности организма — реакция сердечно-сосудистой системы на действие тока прикосновения промышленной частоты.

Деятельность сердца легко нарушается под влиянием внешнего электрического воздействия, но в отличие от дыхания она не восстанавливается самостоятельно после прекращения протекания тока прикосновения.

Степень поражения нервно-мышечного аппарата сердечно-сосудистой системы зависит не только от продолжительности, но и от момента воздействия тока по отношению к периоду полного цикла сердечной деятельности (кардиоцикла).

В отличие от переменного тока постоянный ток вызывает у человека болевые ощущения в суставах. По мнению некоторых исследователей, исход электрической травмы в электроустановках постоянного тока при токе прикосновения в несколько десятков миллиампер зависит от возникновения болевого шока, который представляет собой реакцию нервной системы организма человека на боль, которая, в свою очередь, может привести к остановке сердца и дыхания.

Действие переменного электрического тока промышленной частоты низкого уровня, вызывающего специфическое раздражающее действие на организм человека, по реакциям организма при протекании тока может характеризоваться рядом пороговых уровней:

-порог ощущения — величина тока, при которой 99,9 % людей ощущают протекание тока ладонями рук (около 1 мА);

-порог отпускания — величина тока, при которой у 100 % людей не возникает эффект «приковывания жертвы» к месту прикосновения, т.е. любой, даже самый слабый человек, может самостоятельно оторваться от места прикосновения при протекании по конечностям и телу тока данной величины (до 6 мА);

-порог неотпускания — величина тока, при которой 100 % людей не могут самостоятельно оторваться от места прикосновения при протекании по конечностям и телу тока данной величины (более 22 мА);

-порог фибрилляции сердца и остановки дыхания — величина тока, при которой может возникнуть фибрилляция сердца и остановка дыхания, существенно зависит от продолжительности протекания тока; при длительном протекании тока может быть равна не-отпускающему току.

Протекание по телу человека токов промышленной частоты величиной выше ощущаемых (более 1 мА), вызванных напряжениями прикосновения в несколько вольт или десятков вольт, создает условия для поглощения этими токами меньших по уровню более чем в 30 раз (максимальные биотоки в организме человека до 0,03 мА) управляющих биотоков мозга. Этим объясняется эффект «приковывания» жертвы к месту прикосновения, когда головной мозг человека посылает биоэлектрический сигнал на отпускание конечности от места прикосновения, а осязательные и двигательные рецепторы не воспринимают сигнала из-за высокого уровня «помехи» в виде тока промышленной частоты, протекающего по телу человека и поглощающего биотоки нервных тканей.

Аналогичный механизм имеет электрическая травма, вызывающая фибрилляцию сердца или остановку дыхания.

Для восстановления работы практически здорового сердца необходима дефибрилляция — механическое или электрическое возбуждающее воздействие на сердечную мышцу для преодоления инерции покоя.

Таким образом, при случайном прикосновении уровень воздействия ЭМП на человека и исход электрической травмы зависят от следующих основных факторов:

-величины напряжения прикосновения и тока через тело человека;

-рода тока (постоянный или переменный) и частоты переменного тока;

-продолжительности протекания тока по телу человека (в практике нормирования напряжений прикосновения и токов рассматриваются случаи только кратковременного прикосновения до 10 с);

-пути протекания тока по телу человека (при нормировании напряжений прикосновения и токов принимаются только характерные или чаще всего возникающие случаи протекания тока по путям: ладонь-ладонь, ладонь-ступни, ладони-ступни, ступня-ступня);

-условий внешней среды (высокая влажность, наличие токопроводящей пыли, высокая температура воздуха и др.).

Величина тока в электрической цепи через тело человека определяется сопротивлением этой цепи и приложенным напряжением. Электрическое сопротивление тела человека с точки зрения электротехники — явление специфическое, нелинейное и зависящее от частоты переменного тока. Оно зависит от индивидуальных особенностей человека: веса, роста, состояния кожного покрова ладоней рук и ступней ног. Внутренние ткани организма имеют различное удельное электрическое сопротивление.

Большое значение имеет путь протекания тока. Схема замещения отражает только характерные пути, а при этом их названия (ладонь - ладонь, ступня - ступня и т.п.) более точны, чем в технической литературе (рука - рука, нога - нога и т.п.). Дело в том, что при рассмотрении электрической схемы замещения тела человека, изучаются не любые пути протекания тока, а только характерные. Воздействие электрического тока, например, на акупунктурные точки человеческого тела, слизистые оболочки, область головы может вызвать летальный исход при очень малых его значениях. Электрическая схема замещения в этом случае будет иметь особенности с точки зрения учета малой проводимости нервных клеток или специфики внутреннего сопротивления электрической цепи.

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов при аварийных режимах производственных электроустановок определены для путей тока через тело человека по путям: ладонь— ладонь (рука—рука) и ладонь—ступни (рука—ноги). В течение более 1 с (до 10 с) предельно допустимые токи соответствуют порогу отпускающего переменного тока и неболевого постоянного тока.

Для переменных токов во всех случаях указываются действующие значения, а для выпрямленных — амплитудные.

3.3 Средства защиты от поражения электрическим током

В целях электробезопасности и защиты от опасного воздействия ЭМП при случайных прикосновениях к токоведущим частям должны применяться отдельно или в сочетании друг с другом следующие технические способы и средства защиты:

-защитное заземление;

-защитное зануление;

-выравнивание (в т.ч. уравнивание) потенциалов;

-малое напряжение;

-электрическое разделение сетей;

-защитное отключение;

-изоляция токоведущих частей от работника в широком смысле (электрическая изоляция: рабочая, дополнительная, усиленная, двойная; физическая изоляция: оградительные устройства, расположение на недоступных высоте и расстоянии);

-компенсация токов замыкания на землю;

-предупредительная сигнализация, защитная блокировка, знаки безопасности;

-средства защиты и предохранительные приспособления.
 Нетоковедущие металлические части конструкций электрических машин и аппаратов (трансформаторов, выключателей, блоков питания, двигателей, генераторов, светильников и т.п.) могут оказаться под напряжением электрической установки при повреждении изоляции токоведущих частей и замыкании их на корпус. При этом прикосновение человека к корпусу так же опасно, как и прикосновение к токоведущим частям электроустановок.

Для защиты человека от поражения электрическим током в этих случаях применяются объективные технические средства защиты, которые независимо от воли и желания работника защищают его от возможных аварийных режимов работы. Одно из наиболее эффективных объективных технических средств защиты — защитное заземление.

Защитное заземление — преднамеренное электрическое соединение с заземляющим устройством металлических частей электроустановки или оборудования с целью обеспечения электробезопасности.

Защитное заземление следует отличать от рабочего заземления. Рабочим (функциональным) заземлением называется заземление какой-либо точки токоведущих частей электроустановки, необходимое для обеспечения работы электроустановки (например, нейтральные точки генераторов, трансформаторов, заземляющий вывод разрядника, рельсовые фидеры тяговых подстанций и т.п.). По рабочему заземлению постоянно или временно протекает ток рабочего режима электроустановки.

Рабочее заземление предназначено для обеспечения надлежащей работы электроустановок в нормальных и аварийных режимах и является элементом конструкции электроустановки.

3.4 Защитное заземление

3.4.1 Принцип действия и область применения защитного заземления

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на частях конструкции электроустановок или оборудования, доступных прикосновению, как правило, в режиме замыкания электрической установки на корпус при повреждении электрической изоляции. Для этого между корпусом электроустановки и проводящим пространством земли создается электрическое соединение с достаточно малым сопротивлением.

Если человек коснется корпуса, на который произошло короткое замыкание одной из фаз, образуется электрическая цепь от поврежденной фазы и корпуса на землю и далее к другим фазам через сопротивления изоляции неповрежденных проводов . При наличии защитного заземления ток замыкания проходит по двум параллельно включенным сопротивлениям: сопротивлению заземляющего устройства R и сопротивление человека Rh (рис.3.1). Токи в параллельных цепях распределяются обратно пропорционально электрическим сопротивлениям, поэтому при наличии малого электрического сопротивления заземляющего устройства (не выше 10 Ом) по сравнению с электрическим сопротивлением человеческого тела (сопротивление тела человека зависит от многих факторов, в качестве расчетного значения принимается величина Rh = 1000 Ом) часть тока, проходящая через тело человека, будет мала и безопасна для его здоровья.

3.4.2 Расчет защитного заземления

Для заземления оборудования используем заземляющее устройство, состоящее из соединительной полосы с приваренными к ней стержневыми электродами. Исходные данные для расчета защитного заземления поместим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчета защитного заземления

|  |  |
| --- | --- |
| Вид грунта | Чернозем |
| Удельное сопротивление грунта измереное ρ1, Омм | 45 |
| Длина вертикального электрода L , м | 3,00 |
| Диаметр вертикального электрода d, м | 0,12 |
| Ширина соединительной полосы D, м | 0,05 |
| Заглубление n, м | 0,8 |
| Коэффициент сезонности φ  | 1,5 |
| Отношение расстояния между электродами к длине электрода  | 3 |

1. На основании исходных данных определим предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства .В соответствии с требованиями ПУЭ в электроустановках напряжением до 1000 В Rз≤ 4 Ом.

2. Вычислим сопротивление растеканию одиночного вертикального заземлителя, по формуле (3.1).

, (3.1)

где ρ – удельное сопротивление грунта,Омм ;

L – длина вертикального электрода, м;

d – диаметр вертикального электрода, м;

t – расстояние от земли до середины заземлителя, м.

Определим ρ с учетом коэффициента сезонности по формуле (3.2).

 , (3.2)

где φ – коэффициента сезонности

3. Определим необходимое количество вертикальных электродов по формуле (3.3).

, (3.3)

где RB – сопротивление растеканию одиночного вертикального заземлителя, Ом;

Rз – предельно допустимое сопротивление заземляющего устройства, Ом;

ηB – коэффициент использования вертикальных заземлителей, принимается по справочным данным [9 ] ηB = 0,86.

 шт.

Сопротивление растеканию тока вертикальных электродов в групповом заземлителе определим по формуле (3.4).

 (3.4)

 Ом

4.Определим сопротивление растеканию горизонтальной соединительной полосы Rп. При этом длина полосы определяется по формуле (3.5) для заземлителей расположенных в ряд.

 , (3.5)

где А – отношение расстояния между вертикальными электродами к

длине электрода L.

 м

Сопротивление растеканию соединительной полосы определим по формуле (3.6).

, (3.6)

где D – ширина соединительной полосы, м;

n – глубина расположения соединительной полосы в грунте, м.

Ом

Возникает экранирование между горизонтальными и вертекальными составляющими. Сопротивление растеканию соединительной полосы в групповом заземлителе, с учетом экранирующего эффекта вертикальных электродов определяется по формуле (3.7).

, (3.7)

где ηг – коэффициент использования горизонтальной соединяющей

полосы. Принимается по справочным данным [9] ηг =0,9.

Ом

5. Результирующее сопротивление растеканию тока группового заземлителя (всего заземляющего устройства) определим по формуле(3.8).

 (3.8)



Сравнивая полученное значение Rгр с допустимой величеной RЗ, делаем вывод, что расчет выполнен правильно, т.к. Rгр=2,21 RЗ= 4.

Схема рассчитанного защитного заземления представлена на рис.3.2.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Расчет единовременных капитальных вложений

Капитальные вложения – затраты труда, материально-технических ресурсов, денежных средств на воспроизводство основных производственных фондов. В капитальные вложения не включается капитальный ремонт основных фондов.

Для строительства проектируемой сети широкополосного доступа необходимы следующие капитальные вложения:

- на приобретение оборудования широкополосного доступа, приобретения кабелей и расходных материалов;

- на транспортные и заготовительно-складские расходы;

- на монтаж и настройку оборудования.

Капитальные затраты приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Капитальные затраты на внедряемую сеть широкополосного доступа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Тип / производитель | Стоимость единичная, тыс.руб | Кол-во | Стоимость общая, тыс.руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Мультиплексор DSLAM | SI2000«Iskratel» | 63,3 | 4 | 253,200 |
| Сплиттер  | Passive POST splitter«Iskratel» | 0,32  | 42  | 13,440  |
| Кабель | ВВГ нг-LS 2×4 | 0,048 | 64 | 3,072 |
| Коннектор оптический | FC simplmode | 0,39  | 20 | 780 |
| Маршрутизатор | Cisco 7604 | 413 | 4 | 1652 |
| Инвертор | Штиль PS48/700 | 6,57 | 4 | 26,28 |
| Труба гофрированнаяиз полипропилена | DKC/DKC10925 | 0,012 | 120 | 1,44 |
| Кабель экранированный | CBE402HT «Iskratel» | 0,065 | 280 | 18,200 |
| Стойка  | Стойка открытая 19"Terminal Bay MR | 6,35 | 4 | 25,400 |
| Монтажныйматериал | PSE60327AA«Iskratel» | 1,985  | 4  | 7,940466,256 |
| ИТОГО на приобретение оборудования: | 2008,772 |
| Транспортные и заготовительно-складские расходы (10%)  | 200,8772 |
| Затраты на тару и упаковку (0,5%)  | 100,4386 |
| Монтаж и настройка оборудования (10%)  | 200,8772 |
| Всего по смете:  | 2510,965 |

Затраты на транспортные и заготовительно-складские расходы 10% от стоимости оборудования, стоимость монтажа и настроечных работ принимаем 10% от стоимости оборудования, затраты на тару и упаковку 0,5% от стоимости оборудования.

4.2 Расчет эксплуатационных расходов

Расходы при эксплуатации систем широкополосного доступа складываются из затрат на заработную плату, отчислений на социальное страхование, расходов на материалы и запасные части, топливо, электроэнергию, амортизационных отчислений и прочих расходов.

Сумма всех издержек составляющих эксплуатационные расходы

Сэ=Т+СН+М+Э+А+П, (4.1)

где Т – заработная плата персонала, обслуживающего проектируемые сооружения и устройства связи с начислениями, руб.;

СН – отчисления на социальное страхование (18.4% от фонда заработной платы, тыс.руб.);

М – стоимость материалов и запчастей, тыс.руб.;

Э – стоимость электроэнергии, тыс.руб.;

А – амортизационные отчисления, тыс.руб.;

П – прочие расходы.

4.2.1 Расчет заработной платы

Годовой фонд заработной платы рассчитывается по формуле:

Т = 12 ∑ (Чi Зi (1 + К1)(1 + К2)), (4.2)

где Чi – численность работников каждой должности;

Зi – месячный тарифный оклад работника каждой должности;

К1 – доля премий и доплат за работу в ночное время, праздничные дни и прочее, К1=0,42;

К2 – доля дополнительной заработной платы (в основном доплата к отпуску) от всей начисленной основной заработной платы,

К2= 0,07.

Нового оборудование будет обслуживаться системным администратором дистанционно из ИВЦ Воронежа, а механиком 9 разряда непосредственно на месте.

Для работников принимаем следующие тарифные оклады:

-системный администратор – 20,300 тыс. руб.;

- механик 9 разряда – 10,800 тыс. руб.

Таким образом, годовой фонд заработной платы составит:

Т = 12∙[20300∙(1 + 0,42) ∙ (1 + 0,07)+ 10800∙(1 + 0,42) ∙ (1 + 0,07)]=

 = 567,040 тыс. руб.

4.2.2 Расчет расходов на социальные нужды

Расходы на социальные нужды определяются в размере 26,4% от фонда заработной платы.

Сн = Т∙0,264 (4.3)

Сн = 567,040 ∙0,264= 104,33 тыс. руб.

4.2.3 Расчет расходов на материалы и запасные части

Расчет расходов на материалы и запасные части принимаются в размере 3% от затрат на внедрение системы абонентского доступа на проектируемом участке.

М = К⋅0,03 (4.4)

где К – капитальные затраты, тыс. руб.

М = 606,133⋅0,03 = 18,18 тыс. руб.

4.2.4 Расчет платы за электроэнергию

Расходы на электроэнергию определяются по формуле:

, (4.5)

где: W– расход электроэнергии, потребляемой системой передачи и освещением.

η – КПД выпрямителя (85%)

t – количество часов работы аппаратуры в сутки,

W осв = 0,8 кВт, W сп= 2,4 кВт

Стоимость электроэнергии на производственные нужды составляет 1,77 руб. за кВт⋅час. Годовая оплата за электроэнергию составит

Эл = 31,742 ∙ 1,77 = 56,183 тыс. руб.

4.2.5 Расчет амортизационных отчислений и прочих расходов

Амортизационные отчисления для внедренной системы установлены в размере 6,8% от ориентировочной стоимости.

А= 2510,965 ∙ 0,068 = 170,75 тыс.руб.

Затраты на прочие производственные, транспортные, управленческие эксплутационные расходы определяются в размере 35% от величины фонда заработной платы

Эпр = Т ⋅ 0,35 (4.6)

Эпр = 567,040 ⋅ 0,35= 198,464 тыс. руб.

Итоговые результата расчета годовых эксплутационных расходов сведем в таблицу 4.2

Таблица 4.2 - Итоговые результаты расчета годовых эксплутационных расходов

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование затрат | Затраты, тыс. руб. |
| Фонд заработной платы | 567,040 |
| Отчисления на социальные нужды | 149,7 |
| Амортизационные отчисления | 170,75 |
| Расходы на материалы и запасные части | 18,18 |
| Расходы на оплату электроэнергии | 56,183  |
| Прочие расходы | 131,276 |
| Итого: | 1093,17 |

Таким образом, эксплуатационные расходы для проектируемой сети доступа на заданном железнодорожном участке составят 1093,17 тыс.руб.

4.3 Определение экономической эффективности внедряемой сети абонентского доступа

4.3.1 Расчет средней прибыли от одного пользователя в месяц

Необходимо рассчитать прибыль, получаемую от проектируемой сети доступа, в год. Предположим, что подключатся 10 % квартирных абонентов (289 человек).

Возникает вопрос: «Сколько абоненты будут тратить денег на пользование услугой широкополосного доступа?» Можно предположить , в процентном соотношении, количество подключившихся абонентов к тому или иному тарифу. Если абонент подключился к тарифу, имеющему лимит трафика, входящего в абонентскую плату, например (приложение 3) «OptimaLink», то неизвестно будет ли он превышать свой предел или нет. Пользователь потратит столько денег, сколько он готов потратить.

В результате проведенного социологического опроса «Сколько вы готовы тратить денег на доступ в Интернет в месяц?» Были получены следующие данные (рис. 4.1) :

- до 200 руб. – 5,4%;

- до 400 руб. – 14,3%;

- до 600 руб. – 28,6%;

- до 800 руб. – 36,6%;

- до 1000 руб. и более– 15,1%.

Рисунок 4.1 – Результат социологического опроса «Сколько вы готовы тратить денег на доступ в Интернет в месяц?»

Исходя из этих данных, можно рассчитать полученную среднюю прибыль от одного пользователя в месяц:

, (4.7)

где А – средняя прибыль от одного пользователя в месяц, руб.

Х i – предел суммы , которую готовы заплатить пользователи в

месяц , руб.

Y i – количество согласившихся с i- тым пределом суммы, %

По формуле (4.7) произведем расчет:

4.3.2 Расчет прибыли от проектируемой сети доступа в год

, (4.8)

где Д– годовой доход от проектируемой сети доступа в год

N –количество пользователей

А – средняя прибыль от одного пользователя в месяц, руб.

Д= 289 · 684 · 12 =2372,1 тыс. руб.

Прибыль от проектируемой сети доступа в год:

П = Д – Р (4.9)

П = 2372,1 – 1093,17 = 1278,93 тыс. руб.

4.3.3 Расчет чистого дисконтированного дохода (ЧДД) и срока окупаемости проекта графоаналитическим методом

Чистый дисконтированный доход – это важнейший показатель эффективности. Используются и другие названия этого показателя: интегральный экономический эффект, Net Present Value (NPV). Он определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или как превышение приведенных интегральных результатов над приведенными интегральными затратами.

Если в течение расчетного периода не происходит инфляционного изменения цен или расчет выполняется в текущих ценах, то величина ЧДД(или интегрального экономического эффекта) при постоянной норме дисконта равна:

, (4.10)

где Rt – результаты, достигнутые на t-ом шаге расчета;

Зt – затраты, осуществляемые на t-ом шаге;

αt – коэффициент дисконтирования;

К - общая сумма капитальных вложений.

Если *ЧДД >* О , инвестиционный проект является эффективным (при данной норме дисконта). Чем больше *ЧДД,* тем эффективнее проект. При отрицательном *ЧДД* проект неэффективен, инвестор понесет убытки.

Коэффициент дисконтирования определяется по формуле:

 (4.11)

где Тср – срок службы (1 – 8 лет);

Ен = 0,15 – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности.

Расчет ЧДД выполним в виде таблицы 4.3

Таблица 4.3 – Расчет чистого дисконтированного дохода (ЧДД)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Срок эксплуатации, лет | Капитал. затраты, тыс.руб. | Прибыль,тыс.руб. | Коэф. приведения | Дисконт, тыс.руб. | Рез-т,тыс.руб. |
| Начало строительства | 2510,9 | 1278,93 | 1 | 1278,93 | -1231,97 |
| 1 | – | 1278,93 | 0,87 | 1040,87 | -119,30 |
| 2 | – | 1278,93 | 0,756 | 786,90 | 721,88 |
| 3 | – | 1278,93 | 0,658 | 517,78 | 1275,37 |
| 4 | – | 1278,93 | 0,572 | 296,17 | 1591,97 |
| 5 | – | 1278,93 | 0,497 | 147,20 | 1749,32 |
| 6 | – | 1278,93 | 0,432 | 63,59 | 1817,30 |
| 7 | – | 1278,93 | 0,376 | 23,91 | 1842,85 |
| 8 | – | 1278,93 | 0,327 | 7,82 | 1851,21 |

Рисунок 4.2 – График зависимости ЧДД от срока окупаемости

Капитальные вложения на внедрение системы абонентского доступа окупятся через 2,2 года, что меньше нормативного срока 8 лет. Так как ЧДД > 0 следовательно, проект является выгодным.

Коэффициент экономической эффективности представляет собой отношение суммы приведенного эффекта к величине капитальных вложений.

Коэффициент экономической эффективности равен:

 (4.12)

Рассчитаем коэффициент экономической эффективности:

Полученные значения коэффициента экономической эффективности Р сопоставим с соответствующим отраслевым нормативом ЕН. Норматив общей эффективности для предприятий связи связи Ен = 0,15.

Капитальные вложения в систему абонентского доступа являются эффективными, так как Р > Ен.

Вывод: Расчеты показали, что ЧДД > 0 следовательно, проект является выгодным. Нет необходимости содержать большой штат работников т.к. оборудование конфигурируется дистанционно. Результаты социологического опроса говорят о том, что услуга доступа в сеть Интернет является востребованной, даже при относительно высоких ценах. Необходимо вкладывать средства на развитие сети доступа и транспортной сети, чтобы повысить конкурентоспособность, скорость передачи информации и количество пользователей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе дипломного проектирования производилось сравнение нескольких технологий широкополосного доступа, но предпочтение для выбранного участка было отдано ADSL. Удобство миграции абонентов из телефонной сети в сеть NGN, которое дает технология ADSL, неоспоримо. В том случае, когда абоненту необходимо предоставить широкополосный доступ как можно быстрее и с минимальными издержками, технология ADSL почти не имеет конкурентов среди проводных решений.

Первоначально предполагалось использовать в качестве транспортной сети существующее оборудование ADM 16/1, но после предварительного экономического расчета стало ясно, что проектируемая сеть доступа очень быстро окупается, поэтому можно применить дополнительное оборудование. Используя оборудование Cisco 7604, решаются проблемы будущего развития, возможности подключения потенциальных сетей доступа.

ОАО «РЖД» имеет достаточно развитую транспортную сеть магистральной связи на основе волоконно-оплических линий связи (ВОЛС) и оборудования SDH по всей территории России. Популярность глобальной сети Интернет, с каждым годом растет, поэтому необходимо развитие широкополос-ного доступа для более эффективного использования существующей телекоммуникационной сети.

Спроектированная система абонентского доступа будет функционировать более эффективно, если ее реализовать в нескольких региональных центрах связи или в пределах всей Юго-Восточной железной дороги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакланов И. Г. Технологии ADSL/ADSL2+ : теория и практика применения. – М.: Метротек, 2007. – 384 с.

2. Столингс В. Современные компьютерные сети. – С-Пб.: Питер, 2003. – 783 с.

3. Слепов Н. Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М.: Эко-трендз, 1999. – 148 с.

4. Олифер В. Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 3-е изд. – С-Пб.: Питер, 2006. – 985 с.

5. Иванов А. Б. Волконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. – М.: Компания Сайрус Системс, 1999. – 671 с.

6. Лецкий Э.К. Информационные технологии на железнодорожном транспорте. Учеб. Для вузов железнодорожного транспорта.– М.: УМК МПС России, 2000. – 680 с.

7. Смирнов А. Д. Справочная книжка энергетика. – М.: Энергия, 1978. – 336 с.

8. Кузнецов К. Б., Бекасов В. И. и др.; Безопасность жизнедеятельности. Ч.2. Охрана труда на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2006. – 536 с.

9. Долин П. А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.

10. Дмитриев В.А. Экономика железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт, 1996г.

11. Голубицкая Е.А. Экономика связи. . – М.: Ириас, 2006. – 488 с.