

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

**О. А. Хацкевич**

## **ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТЕЙ СЕЛЬСКОЙ СВЯЗИ**

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики и радиоэлектроники в качестве учебно-методического пособия для студентов, получающих высшее образование по специальностям 1-45 01 01 и 1-45 01 02*

Минск БГУИР 2012

УДК 621.395.5(076)  
ББК 32.882я73  
Х28

Рецензенты:  
кафедра радиосвязи и радиовещания Высшего государственного  
колледжа связи (протокол №5 от 23 декабря 2011 г.);

профессор кафедры связи учреждения образования  
«Военная академия Республики Беларусь»,  
полковник А. А. Пилюшко

**Хацкевич, О. А.**

Х28 Организация сетей сельской связи : учеб.- метод. пособие / О. А. Хацкевич. – Минск : БГУИР, 2012. – 52 с. : ил.  
ISBN 978-985-488-876-7.

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы организации современных сетей связи в сельском административном районе. Особое внимание уделено структуре сельской телефонной сети, аппаратуре связи СТС, услугам связи, современным технологиям управления. Рассматриваются вопросы построения пассивных оптических сетей и внедрения новой техники на сети сельской связи.

Может использоваться при проведении практических занятий, курсового и дипломного проектирования специальности МСТК, СРРТ. Может быть полезно студентам и другим телекоммуникационным специальностям.

УДК 621.395.4(076)  
ББК 32.882я73

ISBN 978-985-488-876-7

© Хацкевич О. А., 2012  
© УО «Белорусский государственный  
университет информатики  
и радиоэлектроники», 2012

## ВВЕДЕНИЕ

За последние годы структура телекоммуникационных сетей Республики Беларусь прошла сложную и многоплановую модернизацию.

Наряду с развитием транспортной сети связи Республики Беларусь на базе технологии SDH быстрыми темпами развиваются и местные сети, к которым относятся городские сети связи и сети сельских административных районов, что позволяет большинству абонентов помимо традиционной телефонии пользоваться такими услугами, как высокоскоростной доступ к сети интернет и IPTV (Internet Protocol Television – телевидение по интернет-протоколу). Развитие сельских сетей связи является приоритетным направлением развития отрасли связи Республики Беларусь.

В первом разделе пособия рассмотрены принципы построения современных сетей сельской связи, аппаратура уплотнения и линии связи, принципы построения сетей передачи данных. Приведены примеры построения сельских сетей телефонии и передачи данных. Рассматриваются современные услуги связи: высокоскоростной доступ к сети интернет по технологии xDSL, позволяющий оказывать такой вид услуг, как телевидение по интернет-протоколу (IPTV), при котором реализуется телевизионное вещание как в реальном режиме времени, так и интерактивное телевидение, услуга «Объединение корпоративных сетей по интернет-протоколу» VPN (Virtual Private Network – виртуальная частная сеть) предназначена для объединения территориально разрозненных сетей передачи данных абонента в единую сеть передачи данных с использованием виртуальных каналов, организованных на базе сети передачи данных РУП «Белтелеком». В последнее время распространение получает технология беспроводного доступа к сети передачи данных по технологии Wi-Fi (Wireless Fidelity) стандарта IEEE 802.11. Данная услуга в небольших районных центрах и в сельской местности имеет большую перспективу.

Во втором разделе рассмотрены оптические сети доступа и реализующая их аппаратура. Приведен пример построения такой сети.

Третий раздел посвящен расчету трафика на сети, приведен пример построения магистрального, распределительного и абонентского участков.

В четвертом разделе рассмотрены вопросы автоматизации процессов управления на сельских сетях связи.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЛЬСКОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ

## *1.1 Принципы построения сельских сетей связи*

На сегодняшний день на стационарной телефонной сети общего пользования сельского административного района работают 30–60 АТС (автоматическая телефонная станция) РУП «Белтелеком» суммарной номерной емкостью 20000–40000 номеров и могут быть ведомственные цифровые АТС, присоединённые к местной сети связи. Количество станций и емкость зависит от величины района и величины райцентра. На местной сети связи района используются АТС различных типов, основное количество которых составляют электронные цифровые автоматические станции АТСЭФ различных модификаций и емкостей.

На ГТС (городская телефонная сеть) района установлено несколько станций, в том числе 2–3 АТС установлены в райцентре. Одна из них является междугородной станцией. В больших райцентрах это число может достигать 10–15. Суммарная номерная емкость составляет 10000–20000 номеров и зависит от величины райцентра и других городов района. На СТС (сельская телефонная сеть) установлено несколько десятков станции малой емкости [3].

Совместно с операторами мобильной связи в труднодоступных местах района, где прокладка кабельных линий связи нецелесообразна, предоставляется связь посредством беспроводных абонентских линий (WLL–Wireless Local Loop). На данный момент в среднем по району задействовано 1300–1500 WLL в стандарте CDMA (оператор ООО СП «БелСел») и 20–50 WLL в стандарте GSM (оператор ООО «Мобильные ТелеСистемы»).

Для межстанционной связи используется аппаратура уплотнения различных типов. Для связи по медным кабелям применяется аппаратура ИКМ-15 «Ива» и ИКМ-30 «Кедр». Для связи по волоконно-оптическим кабелям используется оборудование МОП-Е1х4, МОП-Е1х8, МОП-Е1х16, SMA-16. В качестве резервной аппаратуры используется ИКМ-120 для связи с опорно-транзитными узлами.

На местной сети связи сельского района применяется также абонентская аппаратура уплотнения РСМ-4, 6, 8, 12, 16 и ЕМХ-16.

На ГТС и СТС района на местной сети связи применяются различные типы кабелей связи. На сети используются как медные, так и волоконно-оптические кабели. Кабельные линии связи проложены в телефонной канализации и в грунте. Воздушные линии связи на сегодняшний день не используются.

Для организации межстанционной связи применяются кабели связи с медными жилами КСПП 1х4х0,9, КСПП 1х4х1,2, ЗКП 1х4х1,2, а также волоконно-оптические кабели ОМЗКГЦ и других типов с различным количеством оптических волокон.

В качестве магистральных кабелей связи на ГТС используются кабели марок ТПП, ТППБ, ТППЭп, ТППЭпЗ емкостью от 50х2 до 600х2 и диаметром

жил 0,32...0,5 мм. На СТС в качестве магистральных используются те же кабели связи, но емкость не превышает 200x2.

В качестве распределительных кабелей связи на ГТС и СТС применяются кабели ТПП, ТППБ, ТППЭп, ТППЭпЗ, КТА емкостью до от 5x2 до 100x2 и диаметром жил 0,32...0,64 мм. Кроме того, на СТС с учетом дальних расстояний широко используются кабели связи с четверочным повивом жил марок ТЗБ, ТЗАВБ, ТЗАШП и диаметром жил 0,64...1,2 мм. При строительстве новых кабельных линий связи применяются кабели с гидрофобным заполнением марки ТППЭпЗ различных емкостей с диаметром жил не менее 0,5 мм.

В качестве абонентских кабельных линий связи используются малогабаритные кабели связи МТППЗ, КАПЗП и ТППЭпЗ-АД емкостью 1x2, 2x2 и 3x2 с диаметром жил 0,5 мм, а также провода ПРППМ 2x0,9 и ПРППМ 2x1,2. Иногда в качестве абонентских кабелей связи используются старые кабели марок ЗКП, КСПП, П-270.

На АТС применяются кабели с поливинилхлоридной оболочкой, не поддерживающей горение марок ТСВ и ТПВ.

На ГТС и СТС применяются различные оконечные устройства:

- шкафы – ШКМ, ШР-20, ШР-50, ШР-150, ШР-300, ШР-600, ШР-1200;
- кабельные ящики, столбы и боксы – ЯКГ 10x2, ЯКГ 20x2, УКС 10x2, УКС 20x2, УКП 10x2, БМВ, ЯКР 20x2, СР 10x2, СР 20x2, СР 30x2;
- коробки – КРТ, КРТП, КРТМ и т.д.

Типичный пример построения сети связи сельского административного района приведен на рисунке 1.1.

### *1.2 Сети передачи данных СТС*

Сетью передачи данных (СПД) СТС называется совокупность оконечных устройств (терминалов) связи, объединенных каналами связи и коммутирующими устройствами (узлами), обеспечивающими обмен сообщениями между всеми оконечными устройствами [1].

По расстоянию между связываемыми узлами (территории охвата) сети передачи данных можно разделить на локальные, кампусные, городские и глобальные.

Сеть передачи данных РУП «Белтелеком» является глобальной (территориальной) сетью (WAN) и охватывает всю территорию Республики Беларусь. Она не имеет единой сетевой архитектуры и строится на основе некоммутируемых каналов существующих сетей связи.

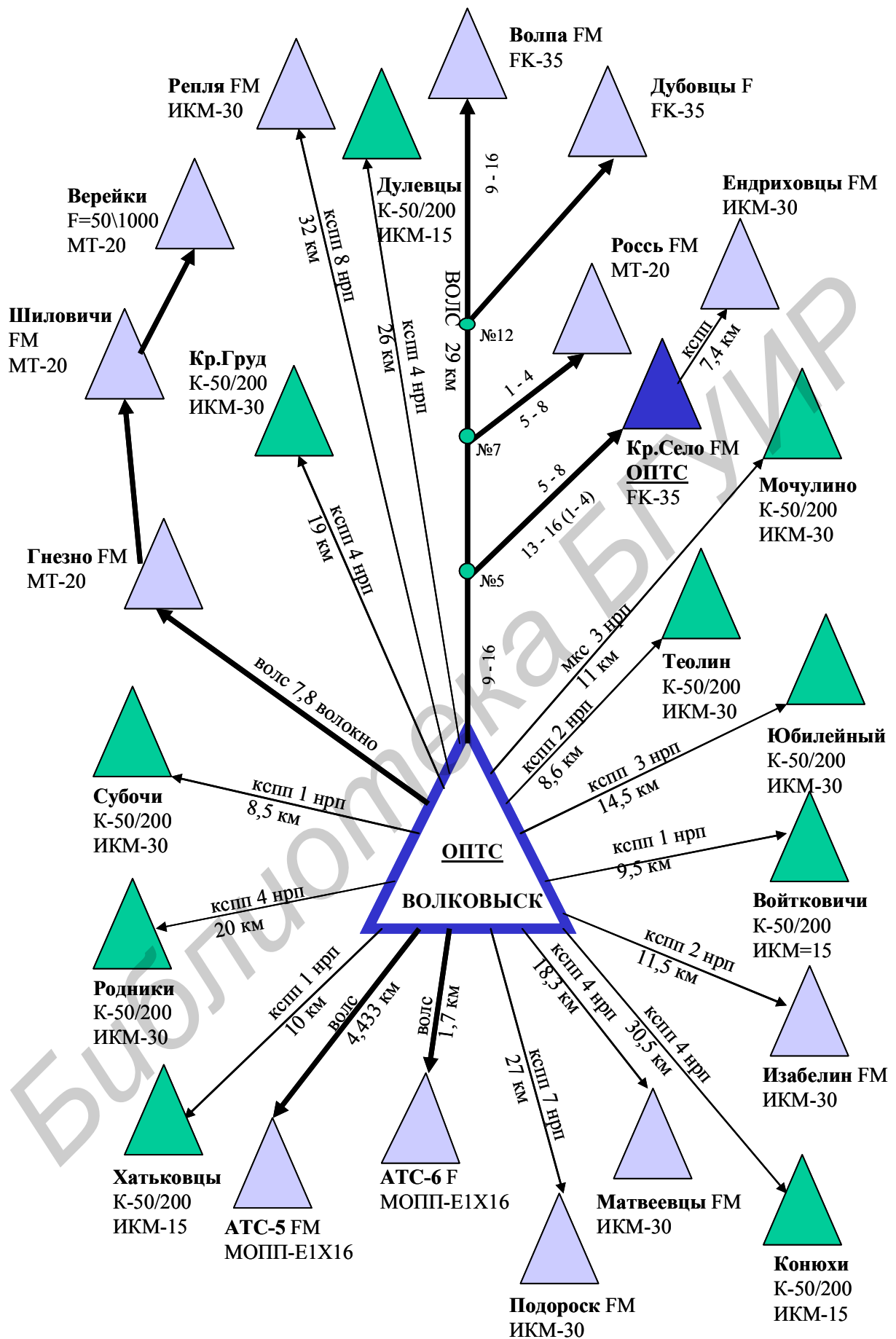


Рисунок 1.1 – Пример сети связи района

СПД РУП «Белтелеком» выполняет роль связующего транспортного звена для обмена информацией между индивидуальными пользователями, локальными, кампусными и городскими вычислительными сетями различных организаций и ведомств страны, а также предоставляет пользователям доступ к сети Интернет. СПД РУП «Белтелеком» является основой сети интерактивного телевизионного вещания (IPTV) торговой марки «ZALA». Эта услуга является востребованной во многих сельских районах в связи с невозможностью организовать устойчивый прием эфирного телевидения.

Глобальная сеть передачи данных РУП «Белтелеком» состоит из двух основных уровней: транспортного уровня и уровня доступа.

К транспортному уровню относятся линии связи г. Минска с областными центрами и линии связи областных центров с районными. Все участки транспортного уровня сети передачи данных строятся по кольцевым схемам и использованием волнового мультиплексирования высокой плотности (DWDM – Dense Wavelength-Division Multiplexing). Построение транспортного уровня сети передачи данных осуществляется на основе существующих магистральных и зонных линейных сооружений связи.

На уровне доступа сети передачи данных имеют в большинстве случаев топологию «звезда» или «дерево». Для доступа к сети передачи данных РУП «Белтелеком» в большинстве случаев применяется технология xDSL. В последнее время проектируются и строятся сети абонентского доступа с использованием пассивных оптических сетей (xPON – Passive Optical Network). В первом случае для осуществления доступа устанавливаются мультиплексоры доступа по цифровой абонентской линии (DSLAM – Digital Subscriber Line Access Multiplexer), во втором – оптические линейные терминалы (OLT – Optical Line Terminal).

Глобальная сеть передачи данных РУП «Белтелеком» построена по иерархическому принципу. Общее устройство такой сети поясняется рисунком 1.2.

Транспортная сеть передачи данных построена на основе магистральной сети связи Республики Беларусь и взаимоувязана с сетями сопредельных государств. Для передачи телефонного трафика как внутри страны, так и за её пределы используются системы на основе синхронной цифровой иерархии (SDH – Synchronous Digital Hierarchy), такие как STM-4, 16, 64. Для передачи данных применяются системы с волновым мультиплексированием DWDM со скоростями 10 и 40 Гбит/с [6].

Областная СПД РУП «Белтелеком» построена на основе зонной сети связи области и, как и республиканская, имеет кольцевую топологию. Она состоит из нескольких колец, причем кольцо может иметь сложную ветвящуюся структуру на физическом уровне (рисунок 1.3).

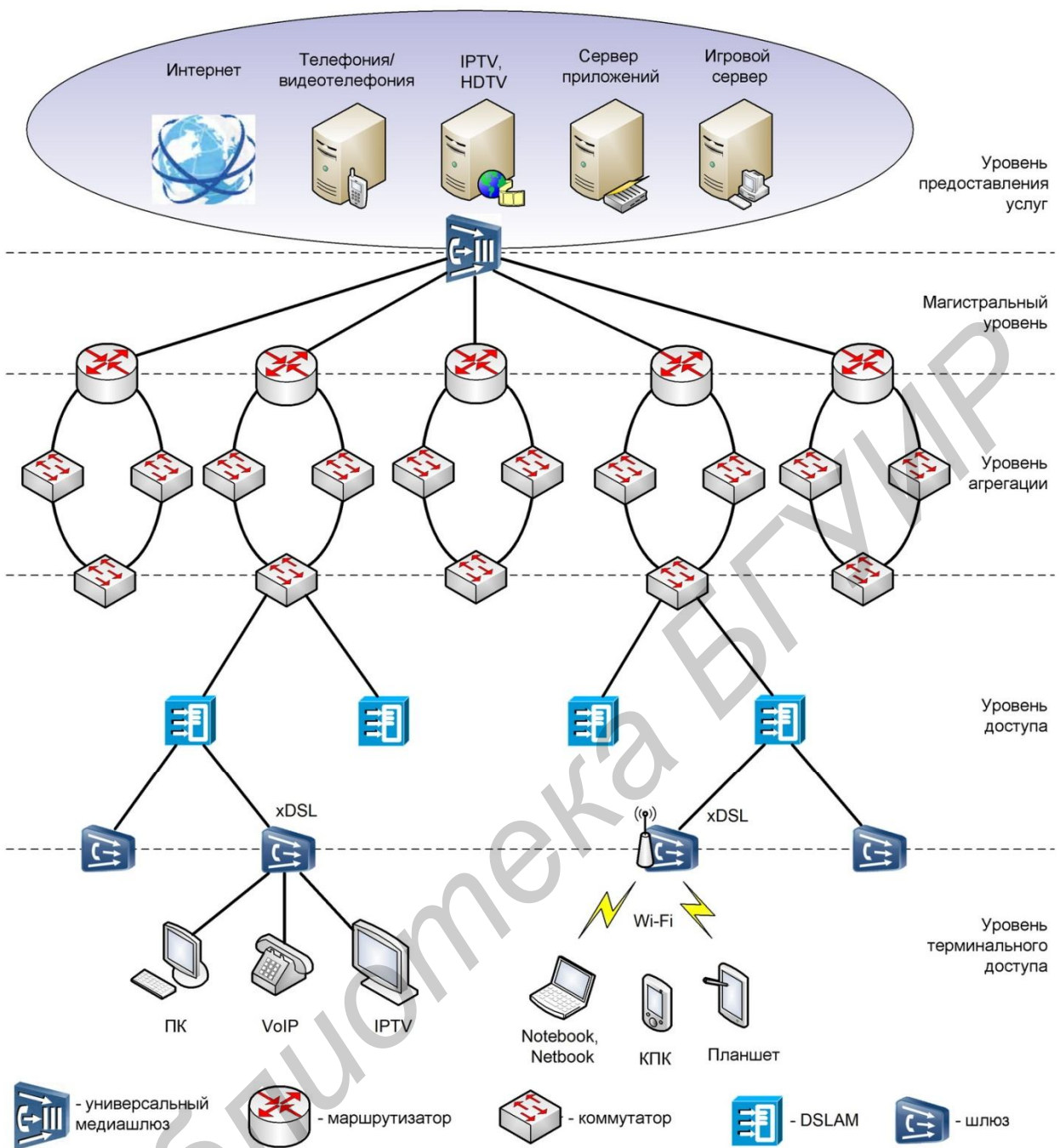


Рисунок 1.2 – Иерархическое построение сети передачи данных



Областной узел передачи данных находится на АМТС (автоматическая междугородная телефонная станция) областного города. Передача трафика по кольцам осуществляется посредством волнового мультиплексирования (DWDM). На каждой длине волны передается либо поток со скоростью 40 Гбит/с, либо 10 Гбит/с.

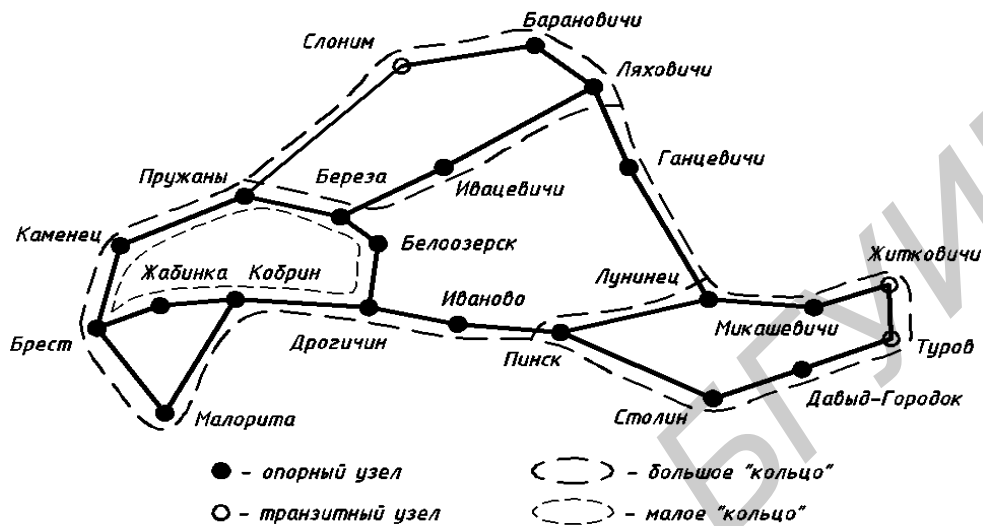


Рисунок 1.3 – Пример построения СПД

Основным звеном в совмещении сети передачи данных каждого района области с областной транспортной сетью является опорный маршрутизатор, который устанавливается на центральной АТС районного центра, а также АТС некоторых населенных пунктов, не являющихся районными центрами.

Сети всех районов построены по топологии «звезда». Выбор данной топологии эффективен при строительстве СПД на местных сетях области, характеризующихся наличием большого количества небольших населенных пунктов, не требующих для удовлетворения потребности в ШПД (широкополосный доступ) большого количества портов и высокой пропускной способности.

Сеть передачи данных района построена на основе существующей сети связи с использованием волоконно-оптических кабелей.

РУП «Белтелеком» предоставляет на территории сельского района услуги широкополосного доступа на основе технологий xDSL, поэтому связующим звеном в сети доступа между опорным маршрутизатором и абонентским оборудованием являются мультиплексоры доступа цифровой абонентской линии (DSLAM). Мультиплексоры доступа, установленные на ЦАТС (центральная АТС) райцентра подключены к опорному маршрутизатору оптическими интерфейсами 1000 Base-LX. Удаленные DSLAM подключены к маршрутизатору также посредством одномодовых оптических интерфейсов 1000 Base-LX, но с использованием мультиплексирования WDM и DWDM.

Основная масса DSLAM включена в маршрутизатор РУЭСа. Ее общая монтированная емкость составляет 4000 – 6000 портов.

Следует отметить, что эта цифра постоянно увеличивается в связи с подключением новых абонентов IPTV и высокоскоростного доступа к сети интернет.

Пример топологии построения сети передачи данных типичного РУЭСа приведен на рисунке 1.4.

СПД на уровне доступа имеет протяженность и сложность во много раз меньше, чем транспортная сеть. Несмотря на это, от данного участка напрямую зависит уровень и качество услуг, которые может предоставить своим абонентам интернет-провайдер.

### *1.3 Современные услуги связи на СТС*

Внедрение услуг на базе технологий семейства xDSL стало настоящим прорывом в развитии местных сетей связи небольших районных центров, а также сельских населенных пунктов. На основе данной технологии оказываются такие виды услуг, как высокоскоростной интернет, интерактивное телевидение, оказываются услуги по организации виртуальных частных сетей. Основным достоинством данной технологии (особенно на местных сетях связи районов) является отсутствие необходимости в дополнительной прокладке дорогостоящих кабельных линий связи, причем расстояние от узла передачи данных до абонента может достигать на кабелях с парной скруткой и диаметром жил 0,5 мм 2,5 км при скорости передачи 6 Мбит/с [4]. Типичный РУЭС (районный узел электросвязи) оказывает услуги высокоскоростного доступа к сети Интернет различных тарифных планов со скоростями до 6,144 Мбит/с.[4].

Высокоскоростной доступ к сети Интернет по технологии xDSL позволяет оказывать такой вид услуг, как телевидение по интернет- протоколу (IPTV), при котором реализуется телевизионное вещание как в реальном режиме времени, так и интерактивное телевидение. Данная услуга сочетает в себе преимущества кабельного телевидения с интерактивностью сети Интернет. Услуга позволяет самостоятельно управлять выбором телевизионных каналов, группировать их, просматривать программу передач на экране телевизора в реальном и интерактивном (с задержкой по времени) режимах, производить запись программ. Доступен также широкий спектр дополнительных услуг. Учитывая, что во многих районах Беларуси эфирное телевидение принимается плохо, данная услуга является достаточно популярной. В большинстве сельских административных районов число пользователей этой услуги уже сегодня достигает несколько тысяч абонентов. Более широкому распространению услуги препятствуют недостаточные возможности сети.

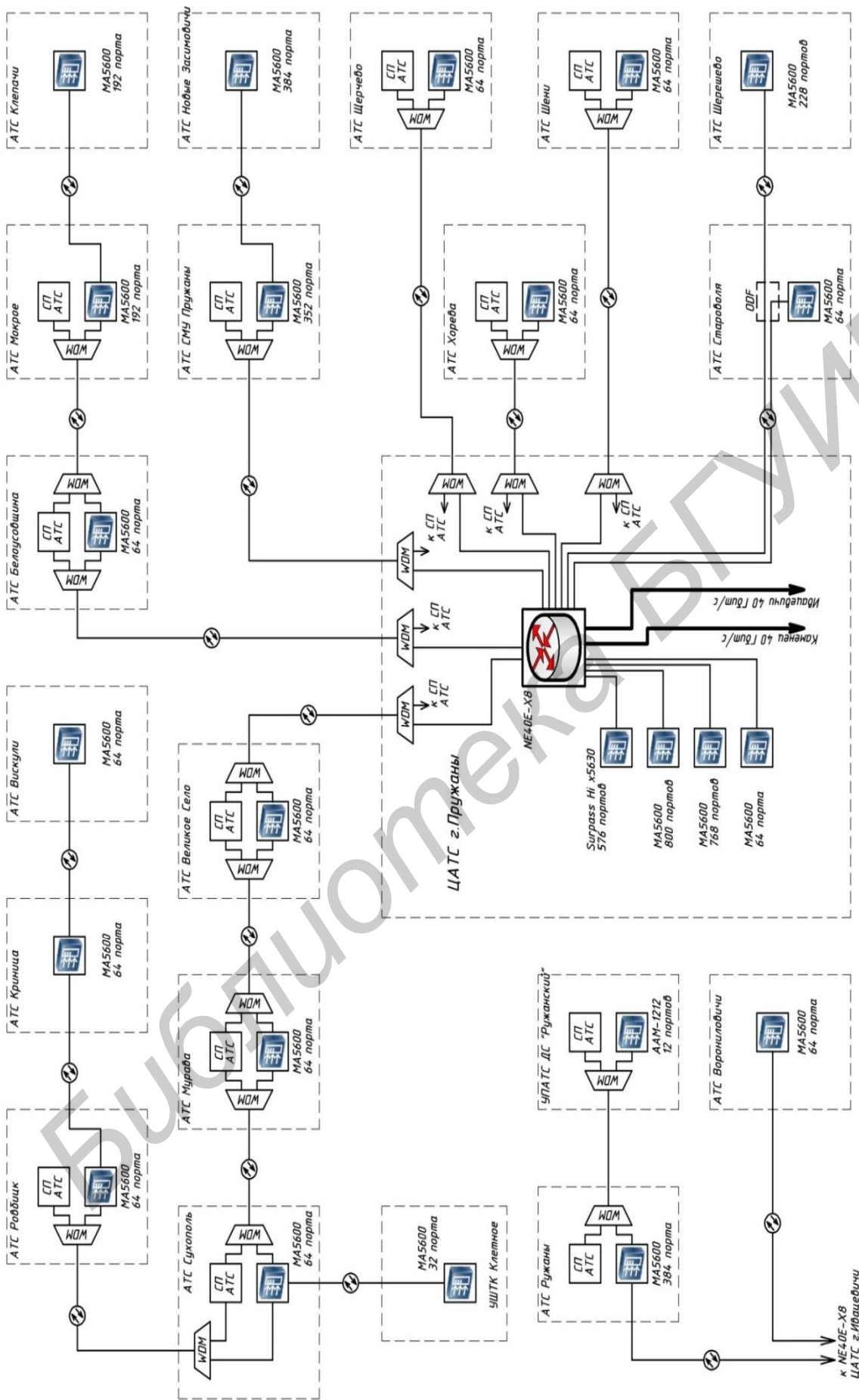


Рисунок 1.4 – СПД РУЭС

Для передачи видеоизображения требуется высокая скорость передачи информации в нисходящем потоке. Высокоскоростной интернет по технологии xDSL подходит для этого. Для организации интерактивного вещания достаточно наличие узла передачи данных на АТС (ГТС, СТС). У абонента устанавливается ADSL-модем и приставка STB (Set Top Box) – ресивер цифрового телевидения, который принимает сигнал телевидения по интернет-каналам и передает его на аналоговый вход (RCA, S-Video) телевизионного приемника [13,14].

Услуга «Объединение корпоративных сетей по интернет- протоколу» VPN (Virtual Private Network – виртуальная частная сеть) предназначена для объединения территориально разрозненных сетей передачи данных абонента в единую сеть передачи данных с использованием виртуальных каналов, организованных на базе сети передачи данных РУП «Белтелеком». Виртуальные каналы могут быть организованы на местном, областном и республиканском уровнях. Обладая всеми преимуществами xDSL- соединения, VPN вытесняет услугу «Коммутируемый доступ к корпоративной сети Заказчика» (VPDN – Virtual Private Dialup Network).

В последнее время распространение получает технология беспроводного доступа к сети передачи данных по технологии Wi-Fi (Wireless Fidelity) стандарта IEEE 802.11. Данная услуга в небольших районных центрах, а тем более в сельской местности, внедряется очень низкими темпами. Обычно на территории района действует несколько беспроводных точек доступа. Следует отметить, что большая часть современных ADSL-модемов обладает функциями беспроводной точки доступа по технологии Wi-Fi, что дает абонентам возможность в большей мере использовать портативные устройства (смартфоны, портативные компьютеры – ноутбуки, нетбуки).

На рисунке 1.5 представлены способы подключения основных современных телекоммуникационных услуг на СПД РУП «Белтелеком» с применением технологий семейства xDSL.

#### *1.4 Оборудование передачи данных на СТС*

Для организации сети передачи данных РУЭСа применяется оборудование различных типов, назначений, производителей, имеющее различные характеристики. Основную массу оборудования составляет оборудование фирмы Huawei Technologies (Китай)[7].

На транспортной сети передачи данных в качестве опорно-транзитных используются коммутирующие маршрутизаторы Quidway NE80E-16, NE40E-X16/8 (Huawei). Маршрутизаторы NE80E-16 и NE40E-X16 устанавливаются в областном городе. NE40E-X8 установлены в узлах СПД двух «колец» областной СПД и на «кольце» городской сети областного города.

На транспортном уровне для волнового мультиплексирования DWDM применяются мультиплексоры Optix Metro фирмы Huawei. На местных сетях используются более простые спектральные мультиплексоры WDM, которые часто называют оптическими конверторами. Они позволяют осуществлять передачу на двух

длинах волн, по одной из которых передаются потоки E1 для связи удаленной АТС с ЦАТС РУЭСа, а по другой – поток для связи опорного маршрутизатора с удаленным DSLAM. На сети связи сельского РУЭС применяются WDM/CWDM устройства линейки OCM фирмы Ротек (Россия). Мультиплексоры OCM-01 и OCM-02 осуществляют передачу соответственно на двух и восьми длинах волн. Мультиплексор ввода/вывода может использовать до трех длин волн. Данные устройства являются пассивными и электрической энергии не потребляют.

Кроме того, на транспортной сети областей используется множество другого вспомогательного оборудования, назначением которого является сбор и хранение информации в базах данных, управление трафиком для работы сторонних интернет-провайдеров, управление сетью передачи данных, управление работой частных виртуальных сетей и т.д. Большую часть из этого оборудования составляют коммутаторы и маршрутизаторы фирмы Cisco (США). В качестве мультиплексоров доступа цифровых абонентских линий (DSLAM) используется разнообразное оборудование различных производителей. В таблице 1.1 приведены характеристики DSLAM, которые используются на сети передачи данных РУЭС.

В качестве оборудования доступа РУЭСом используются xDSL-модемы, точки беспроводного радиодоступа и STB-приставки для IP TV.

Основным звеном в сети доступа по технологии xDSL являются модемы, которые могут выполнять функции шлюзов для предоставления различных телекоммуникационных услуг (передача данных, видео, звука и т.д.). На сети РУЭСа используются модемы различных производителей. Все устройства данного класса предназначены для организации высокоскоростных абонентских линий в большинстве случаев с асимметричной скоростью передачи. Поддерживаются режимы работы ADSL, ADSL2, ADSL2+, что позволяет передавать данные со скоростью до 24 Мбит/с к абоненту (downstream) и 1 Мбит/с от абонента (upstream) [13,14]. У некоторых модемов есть режим работы, при котором скорость передачи от абонента увеличивается до 3,5 Мбит/с (Annex M). Дальность передачи информации некоторых моделей можно увеличить до 5,5 - 7 км (Annex L). Основными различиями моделей с практической точки зрения является количество портов Ethernet 10/100 Base-T – 1 или 4 и наличие или отсутствие беспроводного радиодоступа Wi-Fi (стандарт IEEE 802.11).

В некоторых случаях используются модемы с симметричными скоростями передачи (SHDSL). Такие устройства предназначены для организации частных сетей передачи данных.

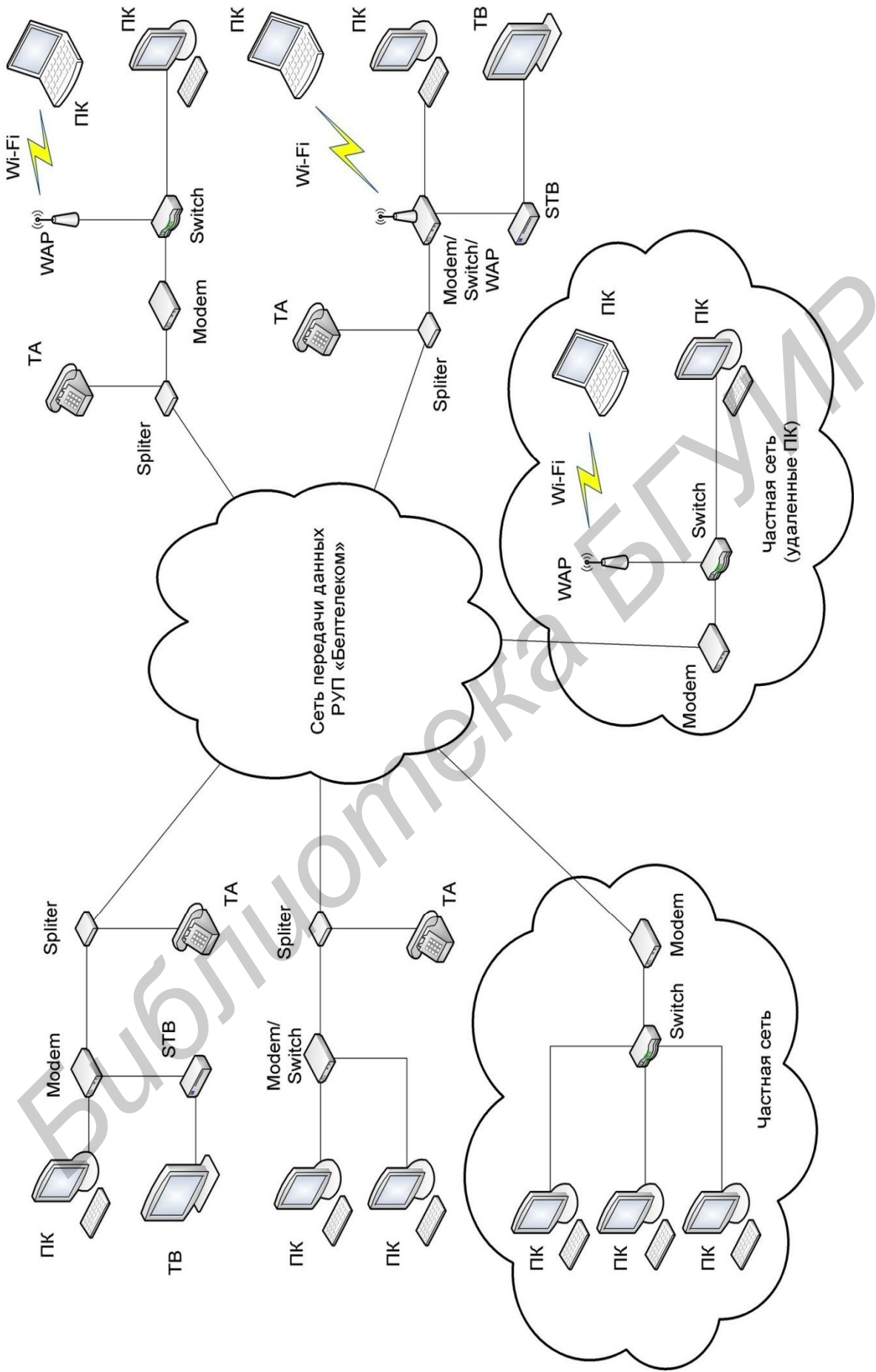


Рисунок 1.5 – Услуги абонентского доступа по технологии xDSL

Таблица 1.1 – Основные характеристики DSLAM

	MA5600	Surpass Hi x5630	AAM-1212
Производитель	Huawei (Китай)	Siemens (Германия)	ZyXEL (Китай)
Поддерживаемые технологии	VDSL2, ADSL, ADSL2, ADSL2+, SHDSL	ADSL, ADSL2, ADSL2+, SHDSL, VoIP	ADSL, ADSL2, ADSL2+
Количество слотов	14	8	1
Количество портов на одну плату услуг:			
- ADSL	64	72	12
- SHDSL	32	48	-
Высота стойки	10 U	6 U	1 U (IES-1000M)
Максимальное количество портов:			
- ADSL	896	576	12 / 24 <sup>1</sup>
- SHDSL	448	384	-

<sup>1</sup> – шасси IES-1000M позволяет установить два комплекта ААМ-1212

Список ADSL модемов, используемых на сети передачи данных типичного РУЭС, приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Модемы xDSL

Производитель	Модель	Количество портов 10/100 Base-T	Наличие Wi-Fi (IEEE 802.11)
Huawei (Китай)	Smart AX MT880a (u)	1	Нет
Huawei (Китай)	Smart AX MT882a (u)	1	Нет
Huawei (Китай)	EchoLife HG510a (v)	4	Нет
Huawei (Китай)	EchoLife HG520c (v)	4	Есть
D-Link (Тайвань)	DSL-2500U	1	Нет
D-Link (Тайвань)	DSL-2540U/BRU/D	4	Нет
ZyXEL (Китай)	P660RT3	1	Нет
Промсвязь (РБ)	УА-101А (В)	4	Нет
Промсвязь (РБ)	УА-200А (В)	4	Есть
ZTE (Китай)	ZXDSL 831 II	4	Нет
ZTE (Китай)	ZXDSL 832 CII	4	Нет
ZTE (Китай)	ZXV10 W300	4	Есть

Для просмотра программ IP-телевидения на сетях сельской связи используются STB-приставки ПТ-100 (Промсвязь, РБ) и ZXV10 B600IP (ZTE, Китай).

Для беспроводного радиодоступа по технологии Wi-Fi IEEE 802.11 на территории сельского района устанавливается несколько точек доступа Cisco Aironet 1231G производства США.

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДОСТУПА

Сектором стандартизации Международного Союза Электросвязи (ITU – International Telecommunication Union) выделяется несколько характерных вариантов архитектур построения сетей оптического доступа, которые характеризуются степенью приближения оптического сетевого терминала или узла к пользователю. Все разновидности архитектур предполагают наличие участка с распределительными медными кабелями, но чем короче этот участок, тем больше используется волоконно-оптический кабель, и, соответственно, выше пропускная способность сети. Возможные варианты архитектур при использовании волоконно-оптического кабеля изображены на рисунке 2.1. Максимальное использование оптических технологий предполагает архитектура FTTH (Fiber to the Home – волокно до дома/квартиры), при которой оптический сетевой терминал устанавливается в квартире или частном доме пользователя. К нему при помощи коротких медных кабелей подключаются различные устройства (телефон, телевизор, компьютер и т.д.). Технология FTTB (Fiber to the Building – волокно до здания) предполагает установку ONT (Optical Network Terminal – оптический сетевой терминал) в подъезде многоэтажного здания. Те или иные архитектуры могут использоваться как для жилых зданий, так и для производственных.

В современных оптических сетях доступа могут использоваться различные топологии сети. Выбор наиболее оптимальной технологии построения сети зависит от различных факторов: плотность абонентов, расположение абонентов, необходимая пропускная способность, виды предоставляемых услуг и т.д. Из множества топологий построения оптических сетей доступа можно выделить четыре основные топологии: «кольцо», «точка-точка», «дерево с активными узлами» и «дерево с пассивными узлами» [3].

Топология «кольцо» (рисунок 2.2, а) зарекомендовала себя с лучшей стороны в городских телекоммуникационных сетях, так как городские магистрали, расположение узлов планируются еще на стадии проектирования. При построении сети доступа не всегда известно, где, когда и сколько абонентских узлов будет установлено. Из-за такого недостатка, как сложность наращивания новых абонентов, использование топологии «кольцо» на сетях доступа весьма ограничено.



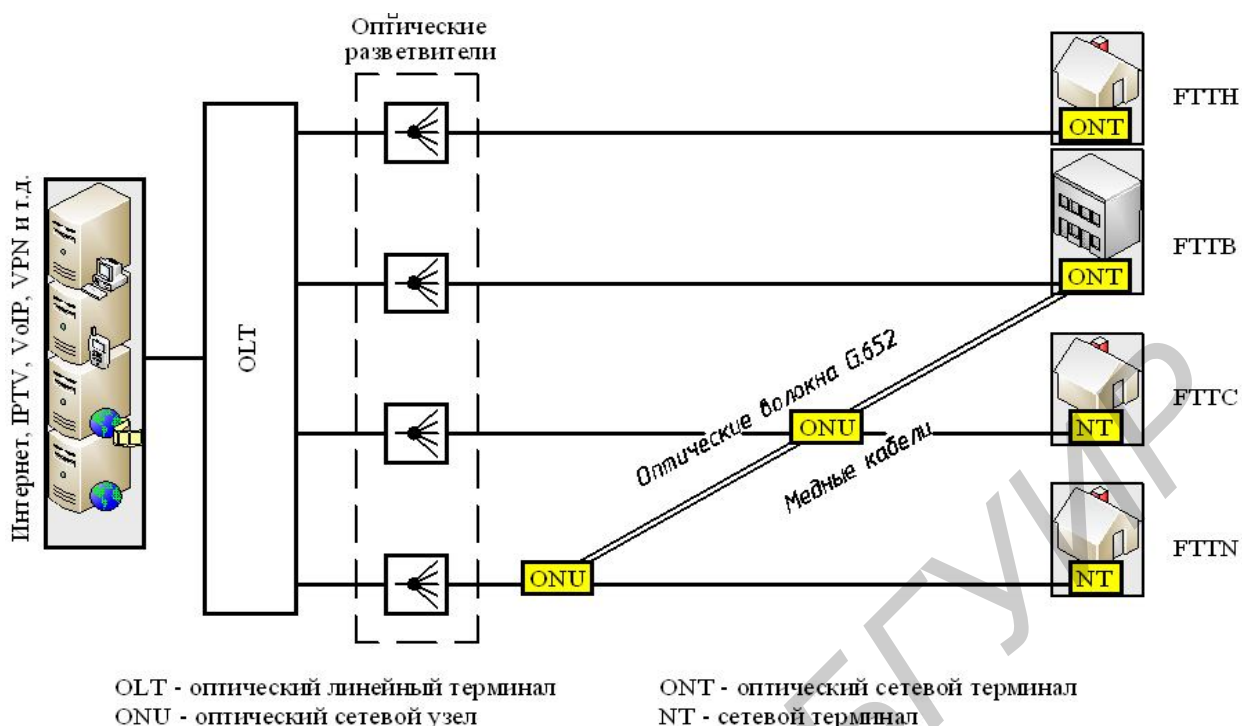


Рисунок 2.1 – Архитектуры сетей оптического доступа

Топология «точка-точка» (рисунок 2.3, б) может быть реализована как для любого сетевого стандарта, так и для нестандартных решений, например, использующих оптические модемы. Основным преимуществом данной топологии является очень высокая степень безопасности и защиты передаваемой информации. Однако существует и ряд недостатков, которые связаны с неэкономичностью данной топологии, поскольку волоконно-оптический кабель необходимо прокладывать к каждому абоненту. Кроме того, не экономятся стационарные порты оптических линейных терминалов.

Неэкономичности в использовании волокон и портов OLT избавлена топология «дерево с активными узлами» (рисунок 2.3, в). Данная топология хорошо подходит для построения сетей на основе стандарта Ethernet с соблюдением иерархии по скоростям. Недостатком данной топологии является необходимость установки дополнительных промежуточных активных узлов, что приводит к дополнительным материальным затратам и необходимости индивидуального питания этих узлов.

При использовании топологии «дерево с пассивными узлами» (рисунок 2.3, г) вместо активных узлов применяются пассивные оптические разветвители (сплиттеры). В данном случае используется логическая структура «точка-многоточка», которая заложена в основу технологии пассивных оптических сетей (PON). Экономия достигается как в использовании пассивных компонентов сети, которые не требуют питания и постоянного обслуживания, так и в более экономичном использовании кабельной инфраструктуры и стационарного оборудования. К одному порту OLT подключается одно

оптическое волокно, по которому могут работать до 64 оптических сетевых терминалов (в некоторых случаях до 128 ONT). К достоинствам данной технологии также можно отнести простоту подключения новых абонентов без перерыва связи, возможность динамического расширения полосы, которая достигается увеличением скорости передачи за счет неработающих в данный момент абонентов.

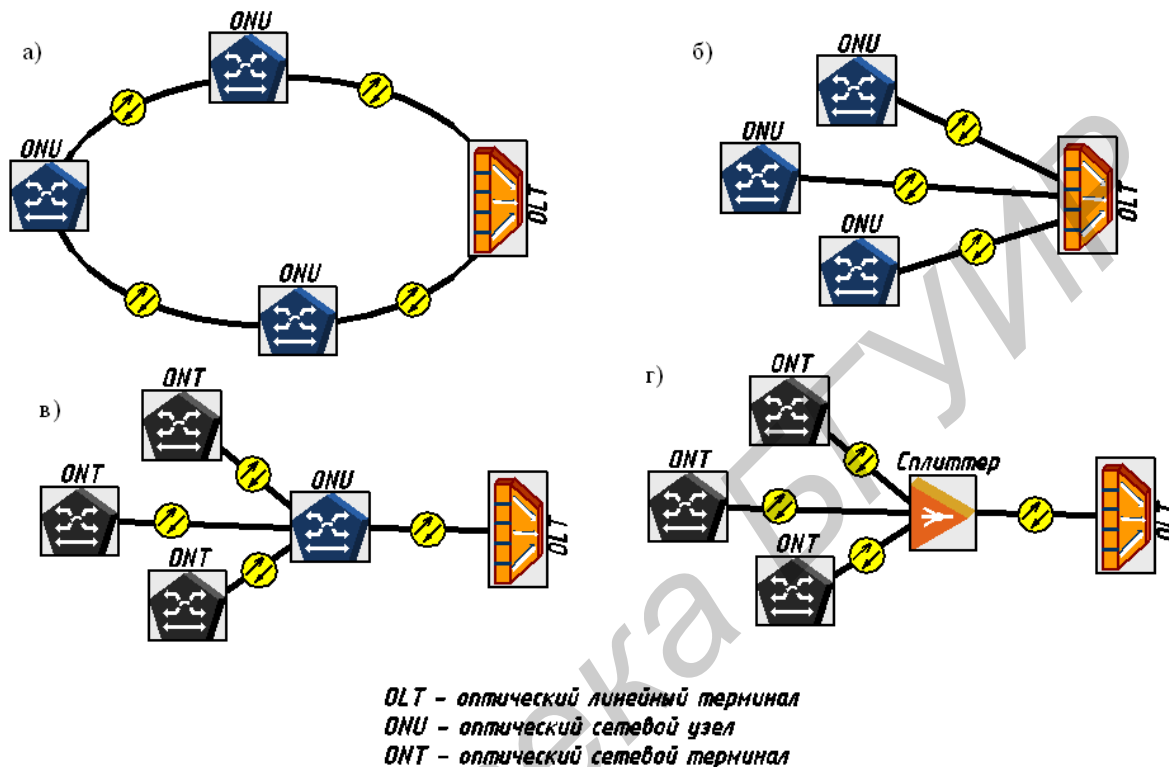


Рисунок 2.2 – Варианты построения оптических сетей доступа

Дальнейшее увеличение скорости передачи может производиться без замены используемого оборудования. Кроме того, при дальнейшем развитии возможно использование спектрального мультиплексирования (WDM) для увеличения скорости передачи для каждого пользователя.

В основе принципа работы пассивных оптических сетей заложено то, что информация для всех пользователей передается от оптического линейного терминала (OLT) одновременно с временным разделением каналов [2]. Из общего потока информации каждый оптический сетевой терминал (ONT) выделяет и передает пользователю только ту часть информации, которая предназначена только ему. При передаче в обратном направлении информация от каждого ONT с помощью сплиттера объединяется в один общий поток и передается в OLT (рисунок 2.3).

Передача и прием в обоих направлениях осуществляется по одному оптическому волокну но на различных длинах волн. При передаче информации от пользователя к OLT (upstream) используется длина волны 1310 нм, при передаче от OLT к пользователю (downstream) – длины волн 1490 или 1550 нм.

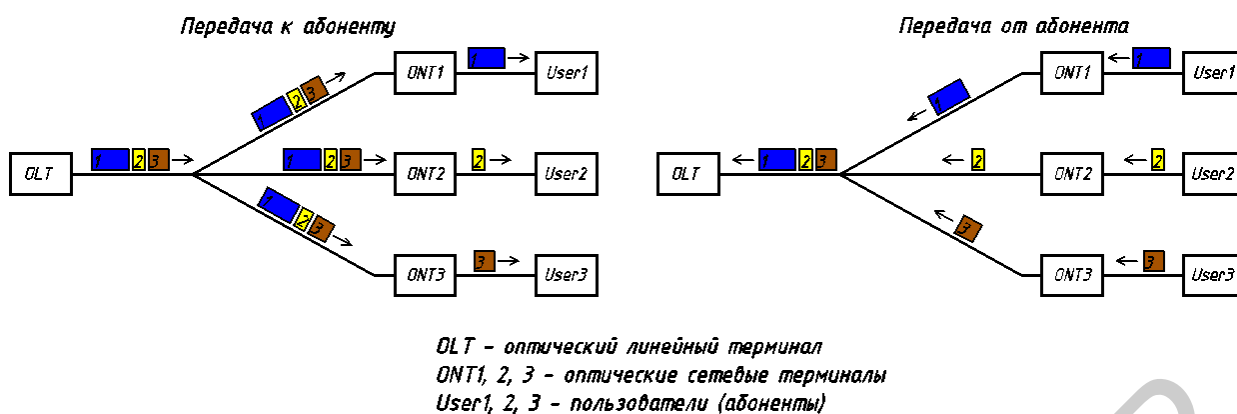


Рисунок 2.3 – Принцип работы пассивных оптических сетей

Довольно часто длина волны 1550 нм используется для передачи всем абонентам одновременно телевизионных сигналов. В таком случае на станции устанавливается дополнительный мультиплексор WDM.

Всего существует несколько разновидностей пассивных оптических сетей. Первоначально в 90-х годах была разработана технология APON (ATM PON), принцип работы которой основывался на передаче информации в ячейках ATM со служебными данными. Этой технологией обеспечивалась передача информации в симметричном (155/155 Мбит/с) и асимметричном режимах (622/155 Мбит/с). Для предотвращения ошибок, связанных с наложением информации, OLT направляет каждому абонентскому устройству сообщения, разрешающие отправку информации.

Технология BPON (Broadband PON) [2] является дальнейшим развитием технологии APON с увеличением скорости передачи данных до 622/622 Мбит/с в симметричном и 1244/622 Мбит/с в асимметричном режимах. Данная технология поддерживает концепцию Triple Play. На современном этапе технологии APON и BPON считаются устаревшими и практически не используются.

Широкое распространение Ethernet привело к применению этой технологии в пассивных оптических сетях [2]. По технологии EPON (Ethernet PON) или GPON (Gigabit Ethernet PON) оптическая пассивная сеть функционирует на основе интернет протокола (IP) со скоростью 1000/1000 Мбит/с. Для предотвращения конфликтов между сигналами обратных потоков в EPON применяется протокол управления множеством узлов (MPCP). Данная технология ориентирована на предоставление услуг по передаче данных.

Из всех технологий PON наиболее удачной в плане реализации концепции Triple Play считается технология GPON (Gigabit PON). Она является продолжением технологий APON/BPON, но с большей скоростью передачи информации (до 2488 Мбит/с). В основе GPON лежит базовый протокол SDH. Технология GPON поддерживает трафик ATM, IP, речь, видео, а также SDH. Сеть на основе GPON работает в синхронном режиме с постоянной длительностью кадра. Высокая эффективность полосы пропускания обеспечивается линейным кодом NRZ со скремблированием. Основным недостатком технологии GPON является большая

стоимость активного оборудования в сравнении с другими технологиями пассивных оптических сетей.

Учитывая преимущества GPON, связанные с хорошими возможностями реализации концепции Triple Play, используем эту технологию при построении оптической сети передачи данных.

Сравнительные характеристики пассивных оптических сетей приведены в таблице 2.1.

При построении пассивных оптических сетей из-за плохой совместимости оборудования различных производителей необходимо придерживаться выбора активного станционного и абонентского оборудования одного производителя.

В настоящее время в Республике Беларусь широко используется оборудование фирмы Huawei Technologies Co., Ltd. (Китай), являющееся одним из лидеров в производстве телекоммуникационного оборудования в мире.

Основой пассивной оптической сети является оптический линейный терминал (OLT). Выбор OLT производится по количеству необходимых PON-интерфейсов.

В качестве OLT терминала можно использовать SmartAX MA5600T (рисунок 2.4). В данном устройстве объединены функции агрегирующего коммутатора и граничного маршрутизатора. Для построения проектируемой сети потребуются шасси SmartAX MA5600T со стандартными платами управления и коммутации и 8 линейных интерфейсных плат GPON (по 8 портов каждая). В комплект линейных плат GPON входят SFP-модули, обеспечивающие работу GPON-интерфейса в классе В или классе С [15,16].

Основные технические характеристики оптического линейного терминала SmartAX MA5600T приведены в таблице 2.2.

Терминал EchoLife HG8245 имеет возможность беспроводного абонентского доступа Wi-Fi IEEE802.11. Оборудование данного типа используется из расчета пять терминалов на один подъезд жилого дома. Питание ONU MA5612 и MA5620 предусмотрено переменным напряжением 220 В или постоянным –48 В. Для снижения энергопотребления и повышения отказоустойчивости данных устройств применяется пассивное охлаждение. Основным пассивным элементом сети является оптический сплиттер (разветвитель). Обычно используются сплиттеры с коэффициентом ветвления 2:64. Два входа сплиттера обеспечивают резервирование по схеме «1+1» без участия обслуживающего персонала для переключения элемента сети на резервное волокно.

Используются компактные сплиттеры Huawei серии SPL9101-64-P2064 (рисунок 2.6), характеристики которых приведены в таблице 2.4 [7]. Входы и выходы сплиттеров выполнены в виде пигтейлов.

Таблица 2.1 – Сравнительные характеристики разновидностей PON

Характеристики	BPON	GPON	EPON (GEPON)
Стандарт	Рекомендации ITU-T G.983.x	Рекомендации ITU-T G.984.x	Стандарт IEEE 802.3ah
Протокол	ATM	SDH (GFP)	Ethernet
Линейный код	NRZ скремблированны ем	NRZ со скремблированны ем	8B10B
Максимальная дальность, км	20	20	10 (класс 1) 20 (класс 2)
Диапазон затухания, дБ	5 - 20 (класс А) 10 - 25 (класс В) 15 - 30 (класс С)	5 - 20 (класс А) 10 - 25 (класс В) 15 - 30 (класс С)	21/23 <sup>1</sup> (класс 1) 26/26 <sup>1</sup> (класс 2)
Количество абонентов	до 32	до 64 (128 <sup>2</sup> )	до 32
Диапазон длин волн, нм: а) одно волокно - прямой поток - обратный поток б) два волокна	1480-1580 1260-1360 1260-1360	1480-1580 1260-1360 1260-1360	1490, 1550 1310 -
Скорость передачи <sup>1</sup> , Мбит/с	155,52/155,52 622,08/155,52 622,08/622,08 1244,16/155,52 1244,16/622,08	1244,16/155,52 1244,16/622,08 1244,16/1244,16 2488,32/155,52 2488,32/622,08 2488,32/1244,16 2488,32/2488,32	1000/1000
Уровень ошибок BER	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-10</sup>	10 <sup>-12</sup>
Резервирование	Есть	Есть	Нет
Защита данных	Шифрование открытыми ключами	Шифрование открытыми ключами	Нет
<sup>1</sup> – прямой поток / обратный поток; <sup>2</sup> – теоретически возможно до 128			



Рисунок 2.4 – Внешний вид OLT SmartAX MA5600T

Для электропитания OLT используется стандартная шина питания АТС–60 В. Энергопотребление при выбранной конфигурации (шасси MA5600T и восемь линейных оптических плат) составит 660 Вт.

Таблица 2.2 – Характеристики OLT SmartAX MA5600T

Наименование	Значение
Количество сервисных слотов	16
Количество портов в линейной плате GPON	8
Максимальное количество портов PON	128
Класс GPON интерфейсов	B, C
Коэффициент деления ветви	до 1/128
Суммарная пропускная способность объединенной шины, Гбит/с	3,2
Емкость коммутации управляющих плат, Гбит/с	960
Габаритные размеры, мм	530 × 275,8 × 447,2
Температура окружающей среды, °C	–25...+55
Напряжение питания (постоянное), В	–48 или –60
Диапазон рабочего напряжения, В	–38,4...–72
Потребляемая мощность одной платы, Вт	не более 55
Суммарная потребляемая мощность, Вт	до 1100

В качестве оптических сетевых терминалов для оказания телекоммуникационных услуг в гостинице и жилых домах можно использовать оборудование Huawei EchoLife HG850a и HG8245 (рисунок 2.5).



EchoLife HG850a



EchoLife HG8245

Рисунок 2.5 – Оптические сетевые терминалы фирмы Huawei

Характеристики оптических сетевых терминалов фирмы Huawei приведены в таблице 2.3 [7].

Таблица 2.3 – Характеристики ONT Huawei EchoLife

Модель	EchoLife HG850a	EchoLife HG8245
Интерфейсы: - абонентские - сетевые	4FE, 2POTS GPON (SC)	4GE, 2POTS, Wi-Fi GPON (SC)
Размеры, мм	195 × 155 × 33	195 × 174 × 34
Питание: - напряжение, В - частота, Гц	~ 110, 220 50...60	~ 110, 220 50...60
Потребляемая мощность: - максимальная, Вт - средняя, Вт	до 10 до 8	до 17 до 8
Поддержка протоколов VoIP	SIP, H.248	SIP, H.248



SmartAX MA5612



SmartAX MA5620

Рисунок 2.6 – Оптические сетевые узлы фирмы Huawei



Рисунок 2.7 – Оптический сплиттер SPL9101

Таблица 2.4 – Характеристики оптического сплиттера SPL9101-64-P2064

Коэффициент ветвления	2 : 64
Вносимые потери, дБ	$\leq 20,6$
Возвратные потери, дБ	$\geq 50,0$
Поляризационные потери, дБ	$\leq 0,4$
Направленные потери, дБ	$\geq 55,0$
Оптическая мощность, мВт	$\leq 300$
Длина пигтейла, м	1,5
Тип контакта адаптера	SC/APC
Габаритные размеры корпуса, мм	60 × 20 × 110

Для установки сплиттеров используются настенные оптические распределительные шкафы (кроссы) фирмы ВИМКОМ (Россия). В 40 квартирных домах устанавливаются шкафы НКРУ-А48-SC; в 60 квартирных домах и гостинице – НКРУ-А96-SC. Всего потребуется 24 шкафа НКРУ-А48-SC и 5 шкафов НКРУ-А96-SC. Их внешний вид показан на рисунке 2.8, а характеристики приведены в таблице 2.5.



НКРУ-А48-SC



НКРУ-А96-SC

Рисунок 2.8– ОРШ фирмы ВИМКОМ



Таблица 2.5 – Характеристики ОРШ

Марка ОРШ	НКРУ-A48-SC	НКРУ-A96-SC
Количество оптических портов	48	96
Тип оптических портов	SC	SC
Количество сплайс-кассет	3	6
Емкость сплайс-кассеты, волокон	16	16
Габаритные размеры, мм	354 × 324 × 102	354 × 430 × 132
Масса, кг	3,7	5,0

В качестве стационарного оптического кросса используется блок терминирования и сращивания GPX147-GPR-72A производства Huawei, который монтируется в установленный в помещении ЛАЗ одной из АТС РУЭС 19 дюймовый станив оптического кросса. Устройство предназначено для подключения до 72 оптических волокон, снабжено адаптерами SC и имеет размеры 482,6 × 266 × 40 мм. Потери в адаптерах не превышают 0,3 дБ. Блок терминирования и сращивания GPX147-GPR-72A изображен на рисунке 2.9.

Для ответвления абонентских оптических кабелей применяются оптические разветвительные коробки (ОРК). ОРК устанавливаются в слаботочных нишах жилых домов и гостиницы. В качестве ОРК применим коробки Huawei GPX147-FAT3101-6. Коробка предназначена для установки внутри помещений [7].



Рисунок 2.9 – Блок терминирования и сращивания GPX147-GPR-72A

Для подключения оптического сетевого терминала используются оптическая абонентская розетка и патчкорд (гибкий оптический кабель). Применим в проекте оптические розетки Huawei ATB3102. В розетку могут устанавливаться различные типы адаптеров (SC, FC, ST). Габаритные размеры 100 × 86 × 25,2 мм. Вносимые потери адаптера розетки не превышают 0,3 дБ [6]. Используются оптические розетки с коннекторами SC.

В качестве патчкордов для подключения абонентских терминалов используем одномодовые SS-OP-SC-SC-S-3-3 производства Huawei. Тип используемого волокна в

патчкорде G657A, вносимые потери не более 0,3 дБ, длина 3 м [2]. Всего потребуется 1290 оптических патчкордов данного типа.

Для подключения оптического кросса к терминалу OLT используется 64 оптических патчкорда, для подключения OLT к опорному маршрутизатору NE40E-X8 – 8 патчкордов. В качестве стационарных используем одномодовые патчкорды SS-OP-SC-SC-S-3-5 производства Huawei. В патчкордах используется волокно G657A, вносимые потери составляют не более 0,3 дБ, длина 5 м. Всего потребуется 72 оптических патчкорда данного типа.

Оптические сетевые узлы (ONU) торгового центра и детского сада устанавливаются в шкафы E-1 производства фирмы ВИМКОМ. Шкаф имеет габаритные размеры 500 × 350 × 120 мм и предназначен для установки телекоммуникационного оборудования с типовым размером 19" 1U. Для установки ONU потребуется установить в шкаф дополнительное крепление для оборудования. Потребуется 2 шкафа E-1.

Для включения магистрального кабеля в оптический кросс, подключения оптических магистральных и распределительных кабелей к сплиттерам, подключения к сети сетевых узлов торгового центра и детского сада применим оптические пигтейлы OP-SC/PC-3-1 производства Huawei. Пигтейл имеет длину 1 м и с одной стороны оснащен оптическим разъемом SC. Свободный конец пигтейла с помощью сварного соединения подключается к оптическому волокну кабеля. В пигтейлах используется волокно G657A, вносимые потери не более 0,3 дБ. Всего потребуется 1436 пигтейлов.

В качестве оптических муфт на магистральном участке сети можно применить муфты фирмы Huawei. В муфтах M1, M2, M4, M5, M7, M10, M11 сварные соединения только на отводимых волокнах, поэтому выбрать лучше универсальные муфты конструкции Slide-In-Lock состоящих из двух половинок и позволяющие отводить волокна без разрезания транзитных волокон кабеля. Муфты имеют шесть входных/выходных отверстий и могут использоваться как в телефонной канализации, так и в грунте. Количество отводимых волокон – не более 24, размеры 396 × 200 × 126 мм.

В качестве остальных используем муфты, простой конструкции, характеристики которых приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Характеристики оптических муфт

Обозначение	Типовые характеристики	Размеры, мм
M1, M2, M4, M5, M7, M10, M11	3 ввода, 3 вывода, 24 волокна (Slide-In-Lock)	396 × 200 × 126
M3	2 ввода, 2 вывода, 72 волокна	464 × 210 × 103
M6, M9	3 ввода, 3 вывода, 96 волокна	490 × 252 × 127
M8, M12	2 ввода, 2 вывода, 24 волокна	464 × 210 × 103

Неразъемные (сварные) соединения в оптических муфтах, шкафах, коробках и розетках имеют затухание не более 0,1 дБ.

Для оказания услуг телевидения по интернет-протоколу можно использовать приставки IPTV ПТ-100 производства ОАО «Промсвязь» (РБ). Всего потребуется 1297 приставок.

Для подключения того или иного оборудования к оптическим сетевым устройствам (терминалам, узлам) потребуются линейные провода ШПТЛ 2x0,08, ШПТЛ 2x0,12, а также сетевые кабели 5-й категории КВП 4x0,5. Данные материалы будут закупаться при необходимости подключения той или иной услуги. Затраты на закупку будут ложиться на расходы абонентов.

### 3 РАСЧЕТ ТРАФИКА СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Сеть сельского административного района должна соответствовать ТКП 211-2010 (02140) «Линейно-кабельные сооружения электросвязи. Правила проектирования» [8], ТКП 216-2010 (02140) «Городские и сельские телефонные сети. Правила проектирования» [9]; ТКП 45-4.04-27-2006 (02250) «Устройства связи и диспетчеризации инженерного оборудования жилых и общественных зданий. Правила проектирования» [10], а при необходимости и другой нормативно-технической документации и рекомендациям.

Для выбора типа сети необходимо произвести предварительный расчет трафика элементов сети, имеющих наибольшую нагрузку. Предполагается, что проектируемая сеть будет предназначена для передачи данных, видеоизображения и телефонного трафика.

На сегодняшний день РУП «Белтелеком» предоставляет услуги доступа к сети Интернет со скоростью до 6,144 Мбит/с. В перспективе планируется увеличение скорости до 12 Мбит/с.

Для передачи видеоизображения по интернет-протоколу требуется скорость 4-6 Мбит/с. Однако для трансляции телевизионных сигналов высокой четкости (HDTV) в MPEG-4 требуется скорость передачи до 12 Мбит/с [5].

Для передачи телефонного трафика (VoIP – Voice over IP) потребуется незначительная скорость не более 0,064 Мбит/с.

Требования к услугам, которые предполагается предоставлять при помощи проектируемой сети, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Услуги на проектируемой СПД

Услуга	Пульсация трафика	Терпимость к задержкам	Пропускная способность, Мбит/с
Передача данных (Internet, VPN)	Высокая	Высокая	12
IPTV (HDTV MPEG-4)	Низкая	Низкая	12
VoIP	Средняя	Низкая	0,064

Как видно из таблицы, телефонный трафик значительно ниже трафика на передачу данных и изображения.

Предположим для примера, что услугой доступа к сети Интернет воспользуются жильцы по крайней мере половины квартир шестидесятиквартирного дома, находящегося в райцентре, то есть 30 квартир. Услугами телевидения (IPTV) и телефонии (VoIP) воспользуются жильцы всех квартир, то есть 60 квартир. Таким образом, для предоставления телекоммуникационных услуг жильцам шестидесятиквартирного жилого дома потребуется организация канала связи с общей пропускной способностью в час наибольшей нагрузки:

$$C = 12 \cdot 30 + 12 \cdot 60 + 0,064 \cdot 60 = 1083,8 \text{ Мбит/с.}$$

В случае если телекоммуникационными услугами захотят воспользоваться все жильцы, требуемая пропускная способность вырастет до

$$C = 12 \cdot 60 + 12 \cdot 60 + 0,064 \cdot 60 = 1443,8 \text{ Мбит/с.}$$

Отсюда видно, что для обеспечения перспективными телекоммуникационными услугами данного объекта от системы передачи данных потребуется довольно большая пропускная способность. Таковую пропускную способность смогут обеспечить системы передачи на основе волоконно-оптических линий связи, например пассивные оптические сети (PON). Именно такие сети и создаются сейчас.

Структурная схема распределительного и абонентского участков сети жилого шестидесятиквартирного дома приведена на рисунке 3.1.

Местом установки оптических распределительных шкафов (ОРШ) являются подвальные помещения жилых домов. Количество сплиттеров (разветвителей), устанавливаемых в ОРШ, зависит от количества абонентов, то есть от количества ONT, которые необходимо подключить к сети. Предположив, что ONT необходимо установить в каждую квартиру, то есть для 40-квартирного дома, например, потребуется 40 ONT, а для 60 - квартирного – 60, количество сплиттеров с коэффициентом деления 2:64 как для 40-квартирного, так и для 60 квартирного дома потребуется один ( $60 < 64$ ,  $40 < 64$ ). Каждый сплиттер включается в два оптических волокна магистрального кабеля: основное рабочее волокно и резервное. Таким образом, реализуется схема резервирования на магистральном участке «1+1».

В небольших населенных пунктах при проектировании магистрального участка сети используется зона прямого питания. Предположим, что в зоне проектирования имеется несколько домов, торговый центр, гостиница и детский сад. Общее количество магистральных волокон тогда определяется исходя из количества волокон [5]:

$$N_{ОВ\Sigma} = N_{ОВ \text{ ж.д.}} \cdot n_{\text{ж.д.}} + N_{ОВ \text{ гост.}} + N_{ОВ \text{ т.ц.}} + N_{ОВ \text{ д.с.}} \quad (3.1)$$

где  $N_{ОВ \text{ ж.д.}}$  – количество ОВ для подключения одного жилого дома;  
 $n_{\text{ж.д.}}$  – количество жилых домов;

$N_{\text{ОВгост}}$  – количество ОВ для подключения гостиницы;  
 $N_{\text{ОВт.ц}}$  – количество ОВ для подключения торгового центра;  
 $N_{\text{ОВдс}}$  – количество ОВ для подключения детского сада.

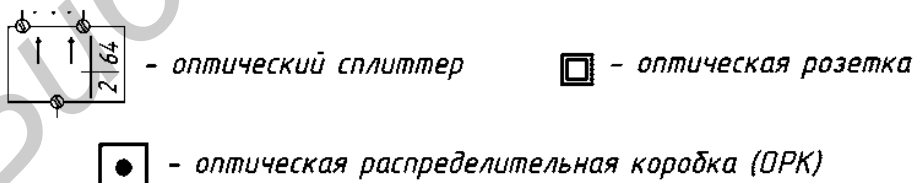
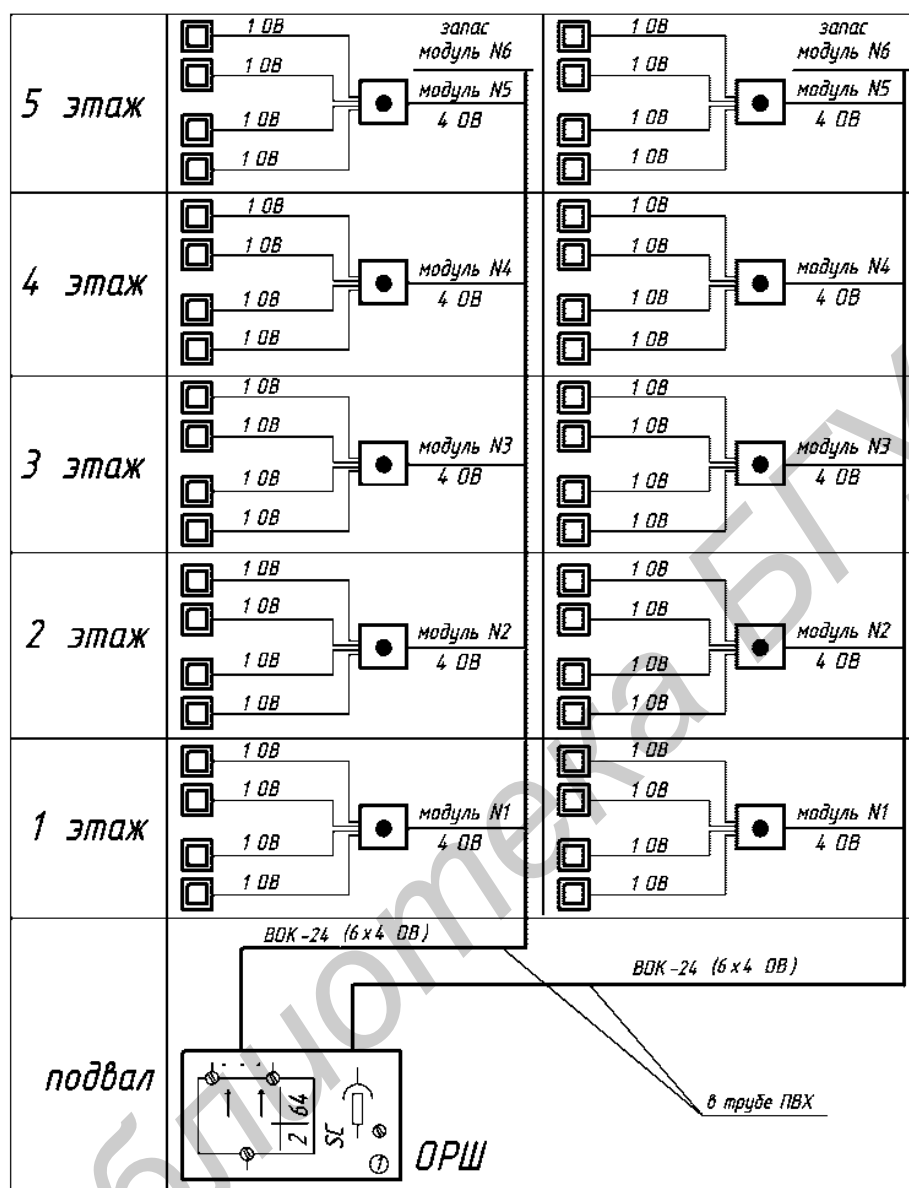


Рисунок 3.1 – Структурная схема распределительного и абонентского участков сети жилого шестидесятиквартирного дома

При построении сети по принципу зоны прямого питания рекомендуется использовать кабели высокой и средней емкости с количеством волокон 32...64 [9]. Подставляя данные о количестве ОВ в выражение (3.1), получим

$$N_{\text{ОВΣ}} = 2 \cdot (4 + 24) + 4 + 2 + 2 = 64.$$

Учитывая это, используем один магистральный кабель модульной конструкции емкостью 64 оптических волокна. Количество волокон в модуле можно выбрать равным четырем. Использование оптического кабеля модульной конструкции дает возможность отводить необходимое количество волокон не нарушая при этом оболочки транзитных модулей.

Для подключения к сети на участках от основных магистральных кабелей до ОРШ в зданиях можно использовать кабели меньшей емкости, но с использованием наименьшего количества муфт (сварных соединений).

Достоинством таких кабелей является:

- высокая помехозащищенность от внешних электромагнитных полей;
- отсутствие собственного электромагнитного излучения;
- большая полоса пропускания;
- незначительное затухание сигнала;
- использование менее дефицитных материалов при производстве;
- большие строительные длины;
- относительно небольшая масса кабеля.

Однако такие кабели имеют и недостатки:

- подверженность световодов кабеля воздействию радиации;
- водородная коррозия стекла оптических световодов;
- относительная высокая чувствительность кабеля к изгибам.

При выборе волоконно-оптических кабелей для прокладки в тех или иных условиях необходимо учитывать влияющие неблагоприятные факторы. При прокладке кабеля в телефонной канализации необходимо учитывать такие факторы, как проникновение влаги, растягивающее усилие, скручивание, атаки грызунов. При оборудовании кабельных вводов и прокладке внутри помещений возникает возможность возгорания.

В нашем случае сеть имеет структуру зоны прямого питания. Следовательно, на вводах в здания для подключения к ОРШ необходимо использовать кабель с оболочкой, не поддерживающей горение.

Для прокладки в телефонной канализации можно выбрать кабель ОКСТМ-10-01-0,22-XX, а на вводах в здание – ОКСТМН-10-01-0,22-XX производства ОАО «Белтелекабель» (РБ). ОКСТМ – кабель оптический городской, имеет стальную гофрированную броню, многомодульный, диаметр модового поля составляет 10 мм, имеет центральный силовой элемент из стеклопластика. Коэффициент затухания на длине волны 1550 нм составляет 0,22 дБ/км, на длине волны 1310 нм – не более 0,35 дБ/км. Кабель ОКСТМН отличается наличием оболочки из материала, не распространяющего горение.

Для построения магистрального участка сети используются кабели ОКСТМ с количеством волокон 64, 32, 24 и 12 и ОКСТМН с количеством волокон 8 и 4. Кабели с 8-64 волокнами имеют модульную конструкцию по четыре волокна в каждом модуле.

Характеристики кабелей ОКСТМ(Н):

- производитель оптических волокон Fujikura (Япония);
- наличие гидрофобного заполнителя – в модулях и между модулями и оболочкой;
- центральный силовой элемент – стеклопластиковый стержень;
- промежуточный силовой элемент – арамидные нити;
- тип брони – стальная гофрированная лента с двухсторонним полимерным покрытием;
- растягивающее усилие не менее 2,7 кН;
- раздавливающее усилие 400 Н/см;
- электрическое сопротивление наружной оболочке не менее 2000 МОм/км;
- температура при эксплуатации –40...+70°C;
- температура при прокладке и монтаже не ниже –10°C;
- допустимый радиус изгиба при прокладке и монтаже не менее 20 номинальных диаметров кабеля.

В качестве распределительного кабеля можно использовать кабель КСО-ВнПАНг-LS-P-24 (жилые дома) и КСО-ВнПАНг-LS-P-16 (гостиница) производства ОАО «Белтелекабель». В кабеле используются одномодовые волокна G657A.

В качестве абонентских одноволоконных кабелей на сельских сетях применяются КСО-ВнАНг-НФ-СШ ОАО «Белтелекабель».

Оболочка кабелей КСО изготавливается из полимерного материала, не распространяющего горение, имеет упрочняющие арамидные нити. Данные кабели имеют следующие характеристики:

- производитель оптических волокон Fujikura (Япония);
- рабочая длина волны 1310 и 1550 нм;
- коэффициент затухания не более 0,36 (на длине волны 1310 нм);
- коэффициент затухания не более 0,22 (на длине волны 1550 нм);
- минимальный радиус изгиба не менее 20 диаметров кабеля;
- температура при эксплуатации –40...+70°C;
- температура при прокладке и монтаже не ниже –10°C;

Остальные характеристики кабелей КСО приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики кабелей КСО

Марка кабеля	КСО-ВнПАНг-LS-P	ВнАНг-НФ-СШ
Назначение	распределительный	абонентский
Статическое растягивающее усилие, Н	1500	100
Динамическое растягивающее усилие, Н	2700	500
Раздавливающее усилие, Н/см <sup>2</sup>	500	200
Температура при эксплуатации, транспортировке и хранении, °С	–40...+50	–20...+50
Температура при прокладке и монтаже, °С	–10...+40	–10...+40

## 4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ НА СТС

Для управления пассивными оптическими сетями на основе оптических линейных терминалов SmartAX MA5600T используется система управления и конфигурирования iManager N2000 BMS. Данная система является универсальным средством для управления как различными устройствами широкополосного доступа, так и мультисервисными платформами компании Huawei (MA510x, MA520x, MA530x, MA560x, MA5600T, MA5603T, MA5680T, Radium8750, ISN8850, MD5500, UA5000). Система поддерживает управление такими услугами доступа, как xDSL, xPON, POTS и VoIP, что позволяет в полном объеме реализовать концепцию Triple Play.

Система iManager N2000 BMS выполняет следующие функции управления:

- централизованное и унифицированное управление сетью широкополосного доступа;
- единый подход при управлении различным оборудованием;
- интегрированное управление услугами;
- внеполосное и внутриволосное управление.

Система позволяет осуществлять мониторинг и собирать статистическую информацию о производительности сети. Система мониторинга выполняет следующие функции:

- сбор информации о производительности сети;
- временной анализ;
- прогнозирование эксплуатационных характеристик;
- установка пороговых показателей;
- слежение за состоянием оборудования в режиме реального времени;
- сбор информации о типе, количестве и направлении передаваемого трафика.

При наличии удаленных узлов и терминалов iManager N2000 BMS позволяет осуществлять централизованный мониторинг и выполнять некоторые функции, которые существенно повышают производительность и отказоустойчивость:

- мониторинг питания;
- мониторинг окружающей среды;
- сигнализация при отклонении контролируемых параметров от нормальных.

При управлении большими массивами абонентов система имеет возможность пакетной и шаблонной обработки информации, что значительно облегчает конфигурирование сети, упрощает выполнение часто повторяющихся операций и снижает трудовые затраты оператора. В iManager N2000 BMS в пакетном режиме организуются измерения и обработка их результатом. В данном случае участие оператора требуется при обнаружении системой отклонений от норм. В пакетном режиме также осуществляется конфигурирование сети, при котором изменения в настройки вносятся либо для всех абонентов, либо для группы абонентов.

Центр обработки и хранения данных осуществляет хранение информации, которая стекается со всех узлов и терминалов сети. При необходимости он в ручном



или автоматическом режиме выполняет обновление встроенного программного обеспечения оборудования сети. Обновление может выполняться по установленному оператором расписанию. При наличии большого количества оборудования обновление может выполняться в пакетном режиме.

Система обладает функциями тестирования линии. Сюда могут входить определение длины линии, проверка предельно достижимой скорости передачи информации к абоненту и от абонента, определение терминирования линии, определение затухания и уровня мощности сигнала в канале. Тестирование может осуществляться для одного порта, группы портов или всех портов одновременно. Поддерживаются различные варианты проведения тестирования: обычное, быстрое (экспресс-тест) и т.д.

Система iManager N2000 BMS снабжена функциями формирования отчетов. Отчеты по оборудованию необходимы для обслуживания сети и содержат информацию об общем количестве портов, количестве свободных и простаивающих портов, коэффициентах активности портов, статусах портов, параметрах линий, версиях установленного оборудования и абонентах. Отчеты по службам формируются для управления службами и содержат информацию о статусах виртуальных компонент сети, типах портов различных служб, занятых и свободных ресурсах. Для ремонтно-эксплуатационных служб система может формировать вспомогательные отчеты о количестве различного рода оборудования и запасных частей.

iManager N2000 BMS имеет удобный пользовательский интерфейс, что позволяет оперативно конфигурировать сеть, управлять различными устройствами, входящими в состав сети.

Благодаря использованию сплиттеров 2:64 (2 входа, 64 выхода) и двух оптических волокон на магистральном участке, в которые включается сплиттер, обеспечивается автоматическое резервирование сети на магистральном участке по схеме «1+1». Основные и резервные волокна включаются в разные оптические интерфейсы, что позволяет, сконфигурировав должным образом систему управления, без участия человека переключиться на резервное волокно при возникновении какой-либо неисправности в основном.

Автоматизация процессов управления на сетях СТС осуществляется с помощью Центра Технической Эксплуатации (ЦТЭ). ЦТЭ обеспечивает непрерывное получение информации о состоянии эксплуатируемого на сетях республики оборудования и функционирующих систем, административное управление их параметрами, оценку качества их работы и выдачу необходимой статистической отчетности.

Автоматизированная Система Центра Технической Эксплуатации построена по иерархическому принципу:

- нижний уровень (ЦТЭ НУ) – уровень районного центра;
- средний уровень (ЦТЭ СУ) – уровень области;
- верхний уровень (ЦТЭ ВУ) – уровень РУП «Белтелеком». Центр Технической Эксплуатации построен по модульному принципу, т.е. состоит из ядра системы и отдельных подсистем, работающих с определенным типом оборудования или другими системами, функционирующими на сети.

Ядро системы должно поддерживать многопользовательский режим работы, обеспечивающий одновременную работу нескольких пользователей с возможностью разделения прав доступа между ними, а также с возможностью организации групп пользователей с различными полномочиями.

Основное назначение автоматизированной системы Центра Технической Эксплуатации :

- контроль технического состояния оборудования обслуживаемых объектов;
- работы по поддержанию оборудования в исправном и работоспособном состоянии;
- работы, связанные с административным управлением;
- сбор и анализ данных о техническом состоянии и функционировании оборудования и данных для определения показателей технического обслуживания абонентов;
- маршрутизацию потоков данных от ЦТЭ-НУ-оборудования к ЦТЭ-СУ-оборудование;
- оперативное оповещение о возникающих в процессе эксплуатации сбоях и аварийных ситуациях;
- регистрация событий в базе данных и предоставление необходимой статистической информации о качестве работы АТС по запросу или в соответствии с заданным алгоритмом;
- анализ информации о состоянии сети и передача необходимой информации ЦТЭ высшего уровня.

На рисунке. 4.1 представлена схема организации ЦТЭ всех трех уровней.

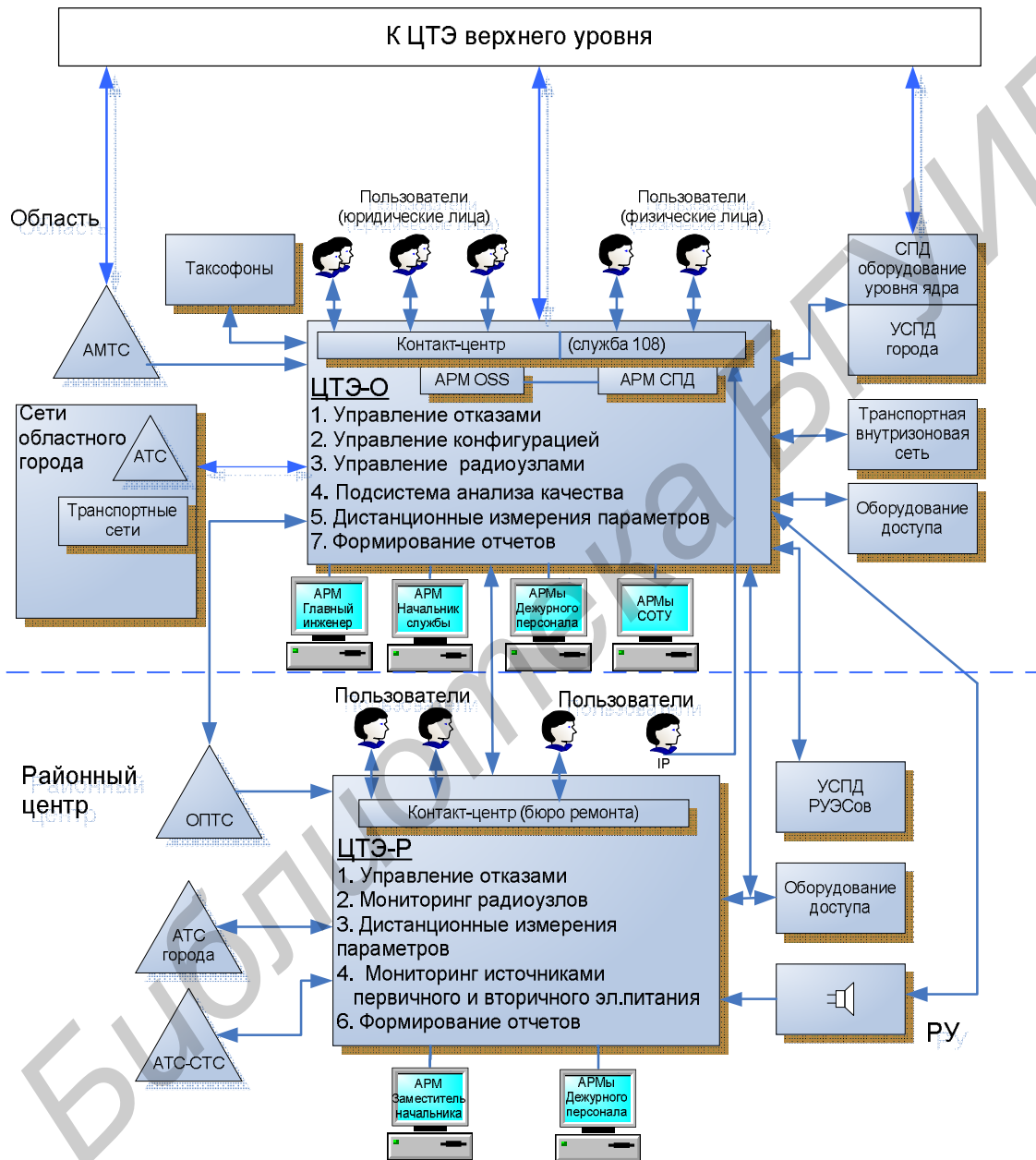


Рисунок 4.1 – Схема Центра Технической Эксплуатации

В последние годы на сельских сетях связи внедрена автоматизированная система комплексных расчетов за услуги электросвязи (АСКР-Э), что позволило автоматизировать систему управления РУЭС и организовать автоматизированные рабочие места на кроссе, абонентском отделе, бюро ремонта, бухгалтерии, экономиста, техническом отделе, зам. начальника, отделе по расчетам, начальника РУЭС, а также автоматизировать рабочие места операторов в пункте приемов платежей на ПКП.

Централизованное автоматизированное бюро ремонта (ЦАБР) предназначено для автоматизации технологических процессов бюро ремонта районных узлов электросвязи. ЦАБР является основным инструментом, позволяющим получить оперативные данные о работе персонала телефонных сетей и повысить качество обслуживания сооружений связи и абонентов.

Система решает следующие задачи:

прием заявок от абонентов;

- контроль за устранением повреждений;
- формирование и ведение архива заявок;

Комплекс ЦАБР содержит следующие автоматизированные рабочие места (АРМы):

- АРМ оператора бюро ремонта;
- АРМ работника линейно-кабельного участка;
- АРМ инженера бюро ремонта;
- АРМ администратора системы;
- справочная информация;
- статистика.

АРМ оператора бюро ремонта выполняет следующие функции:

- работа с абонентом – прием заявки;
- передача заявок на устранение повреждений:
- передача заявок линейных повреждений;
- передача заявок кабельных повреждений;
- передача заявок на станцию;
- передача заявок сегодня на сегодня;
- корректировка заявок;
- закрытие заявки при устранении линейного повреждения;
- справка по номеру абонентской линии;
- просмотр заявок.

АРМ работника линейно-кабельного участка должен включать следующие функции:

- справка по номеру абонентской линии;
- просмотр заявок;
- вывод незакрытых заявок;
- вывод кабельной заявки;
- печать нарядов на устранение повреждений;

- заявки, закрытые кодом «НО».

АРМ инженера бюро ремонта должен включать следующие функции:

- просмотр заявок;
- просмотр архива заявок;
- заявки, закрытые с нарушением контрольных сроков;
- контроль прохождения заявок;
- справочник номеров, находящихся на ремонте на станции;
- справочник устройств, находящихся на ремонте на линии.

АРМ администратора системы включает в себя следующие функции:

- справочник операторов системы;
- справочник типов повреждений;
- справочник видов повреждений;
- просмотр заявок;
- работа с архивом заявок.

Функция «Статистика» системы включает в себя следующие операции:

- распечатка ведомости повторных заявлений и повреждений на городских и сельских телефонных сетях;
- ежемесячный учет повторных повреждений городских и сельских телефонных сетей;
- сводка о работе сети по данным ЦАБР за заданный период времени (день, месяц, квартал, год);
- распечатка ведомости учета линейно-абонентских, аппаратных, линейных и кабельных повреждений (за месяц) (согласно инструкции о порядке учета заявлений о повреждениях и устранении повреждений на городских и сельских телефонных сетях);
- распечатка ведомости учета станционно-абонентских повреждений, регистрируемых ЦАБР (за месяц) на сельских телефонных сетях;
- распечатка ведомости учета качественных показателей работы сети в разрезе АТС (за месяц) о повреждениях и устранении повреждений на городских и сельских телефонных сетях;
- распечатка ведомости повторных повреждений на городских и сельских телефонных сетях;
- распечатка учетного листа монтера сельских телефонных сетей;
- распечатка учетного листа явки монтера сельских телефонных сетей.

Функция системы «Справочная информация» включает в себя следующие справочники:

- справочник типов повреждений;
- справочник видов повреждений;
- справочник обслуживающего персонала;
- справочник участков;

- справочник выходов монтеров;
- справочник пределов обслуживания.

На рисунке 4.2–4.5 приведены скрин-шоты программы автоматизированной системы управления сельской сетью связи.

На рисунке 4.2 приведен пункт программы «Справочник пользователей». Программа позволяет осуществлять ввод и корректировать содержания справочника пользователей.

Код	Логин	Фамилия	И.О.	Таб. номер	Код РЧЭС	АРМ
1	prog536	КРАКОСЕВИЧ	ММ	121	16	Полный доступ
7	prog620	СУРКОВА	НВ	3777	16	Полный доступ
8	prog671	ПЕРШИН	СГ		16	Полный доступ
2	prog676	ЛАПЫТЬКО	ЛС	3676	16	Полный доступ
6	prog623	ЙОВЕВСКА	ЕА	623	16	Полный доступ
9	па526	ШЕКЕРА	ТВ	3526	16	Полный доступ
10	па535	МАСЮК	АВ	3535	16	Полный доступ
11	prog604	ЩАРЕВ	АА	3604	16	Полный доступ
12	prog688	КОТЫШОВ	АА	3688	16	Полный доступ
13	па578	КРИЩЕНКО	АП	3578	16	Полный доступ
16	prog657	АБАБКОВА	ЩЩ		16	Полный доступ

Рисунок 4.2 – Справочник пользователей

Добавление записей в таблице осуществляется с помощью кнопки «Добавить». Заполняются поля формы и после активизации кнопки «Сохранить» запись сохраняется в базе. Удаление записи производится кнопкой «удалить» установлением курсора на необходимую запись.

Для корректировки существующих данных необходимо в таблице поставить курсор на нужную запись и активизировать кнопку «изменить», скорректировать нужное поле и сохранить данные.

На рисунке 4.3 приведен пункт программы «Справочник типов повреждений». Справочник содержит всю информацию о типах повреждений, существование которых возможно на сети .

Код вида повреждения	Код типа повреждения	Наименование повреждения
102	100	АБОНЕНТСКАЯ ПРОВОДКА (БЕЗ ОПЛАТЫ АБОНЕНТОМ)
103	100	РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ КОРОБКА, БМВ, ЯКР
105	100	АВЧ
106	100	ДИОДНО-ТРИОДНАЯ ПРИСТАВКА, БЛОКИРАТОР
107	100	АЗЧ
109	100	ПРОЧЕЕ
110	100	САМОВОЛЬНАЯ ПЕРЕНОСКА
111	100	НЕ ОБНАРУЖЕНО МОНТЕРОМ
202	200	МИКРОФОННЫЙ КАПСЮЛЬ
203	200	ТЕЛЕФОННЫЙ КАПСЮЛЬ
204	200	ШНУР (МИКРОФОННЫЙ, РОЗЕТОЧНЫЙ)
205	200	РЫЧАГ И ЕГО ПРУЖИНЫ
206	200	ЗВОНОК
207	200	НОМЕРОНАБИРАТЕЛЬ
208	200	СНЯТА МИКРОТЕЛЕФОННАЯ ТРУБКА АБОНЕНТОМ
211	200	АППАРАТ ПОДЛЕЖИТ СДАЧЕ В РЕМОНТ
213	200	ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ И ПРИБОРЫ (АОН,МОДЕМ,ФАКС И Т.Д.)
214	200	ЭЛЕКТРОННЫЙ АППАРАТ
301	300	ПОВРЕЖДЕНИЕ В ОКОНЕЧНОМ УСТРОЙСТВЕ (РШ, РК, ЯКР, БМВ)
302	300	ПОВРЕЖДЕНИЕ В МАГИСТРАЛЬНОМ КАБЕЛЕ
303	300	ПОВРЕЖДЕНИЕ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ КАБЕЛЕ
304	300	ПОВРЕЖДЕНИЕ В КАБЕЛЕ ОДНОПАРНОМ (ПРПМ И Т.Д.)
305	300	ПОВРЕЖДЕНИЕ В НУП (НРП)
306	300	ЗАМЕНА ЧАСТИ КАБЕЛЯ ЕМКОСТЬЮ ДО 100 ПАР ВКЛЮЧИТЕЛЬНО
307	300	ЗАМЕНА ЧАСТИ КАБЕЛЯ ЕМКОСТЬЮ ОТ 100 ДО 200 ПАР ВКЛЮЧИТЕЛЬНО
308	300	ЗАМЕНА ЧАСТИ КАБЕЛЯ ЕМКОСТЬЮ ОТ 200 ДО 400 ПАР ВКЛЮЧИТЕЛЬНО
309	300	ЗАМЕНА ЧАСТИ КАБЕЛЯ ЕМКОСТЬЮ ОТ 400 ДО 600 ПАР ВКЛЮЧИТЕЛЬНО
310	300	ЗАМЕНА ЧАСТИ КАБЕЛЯ ЕМКОСТЬЮ ОТ 600 ДО 800 ПАР ВКЛЮЧИТЕЛЬНО
311	300	ЗАМЕНА ЧАСТИ КАБЕЛЯ ЕМКОСТЬЮ ОТ 800 ДО 1200 ПАР ВКЛЮЧИТЕЛЬНО

Рисунок 4.3 – Справочник типов повреждений

На рисунке 4.4 приведен пункт программы Справочник «Нормы времени на устранение аварий».

При активизации пункта меню «Нормы времени на устранение аварий» на экран выдается следующая форма:

Рисунок 4.4 – Справочник нормы времени на устранение аварий

Пользователю необходимо ввести наименование аварии, нормы времени ГТС (летнее), ГТС (зимнее), СТС (летнее), СТС (зимнее). По кнопке «вставить» данные записываются в БД.

Для редактирования необходимо установить курсор на нужной записи, скорректировать данные и активизировать кнопку «записать».

Прием заявки о неисправности на сети осуществляется следующим образом: пользователь вводит номер абонентской линии – на экран выдается информация об абоненте:

– адрес, наименование (ФИО), состояние абонентской линии (свободен, выключен и т.п.), категория абонентской линии, линейные данные – номер распределительного шкафа, номер устройства, номер пары, участок и ФИО монтера, обслуживающего данный адрес.

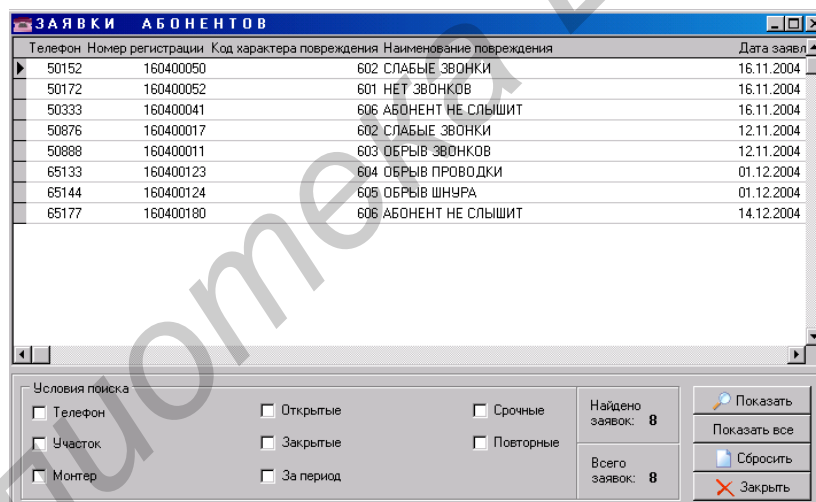
Если заявка ранее принята или текущее состояние абонентской линии – «снято», «выключена» на экран выдается красным цветом информационное сообщение.

Пользователь фиксирует данное обращение абонента как справку и выбирает из справочника «Тип повреждения» – «ДРУГИЕ» и из справочника «Виды повреждения» – «СПРАВКИ».

Если текущее состояние абонентской линии – «У абонента», пользователь фиксирует заявку абонента – тип и вид повреждения из списка.

На рисунке 4.5 приведен пункт программы «Просмотр заявок».

При активизации данного пункта меню на экран выдается форма, показанная на рисунке 4.5.



Телефон	Номер регистрации	Код характера повреждения	Наименование повреждения	Дата заявл
50152	160400050	602	СЛАБЫЕ ЗВОНКИ	16.11.2004
50172	160400052	601	НЕТ ЗВОНКОВ	16.11.2004
50333	160400041	606	АБОНЕНТ НЕ СЛЫШИТ	16.11.2004
50876	160400017	602	СЛАБЫЕ ЗВОНКИ	12.11.2004
50888	160400011	603	ОБРЫВ ЗВОНКОВ	12.11.2004
65133	160400123	604	ОБРЫВ ПРОВОДКИ	01.12.2004
65144	160400124	605	ОБРЫВ ШНУРА	01.12.2004
65177	160400180	606	АБОНЕНТ НЕ СЛЫШИТ	14.12.2004

Условия поиска

Телефон       Открытые       Срочные      Найдено заявок: 8

Участок       Закрытые       Повторные      Всего заявок: 8

Монтер       За период

Показать  
Показать все  
Сбросить  
Закрыть

Рисунок 4.5 – Просмотр заявок

Необходимо задать условия выбора данных, т.е. сделать отметки в соответствующих позициях. Например, если выдать информацию о закрытых заявках по участку – помечается поле «закрытые» и «участок» и активизируется кнопка «Показать».

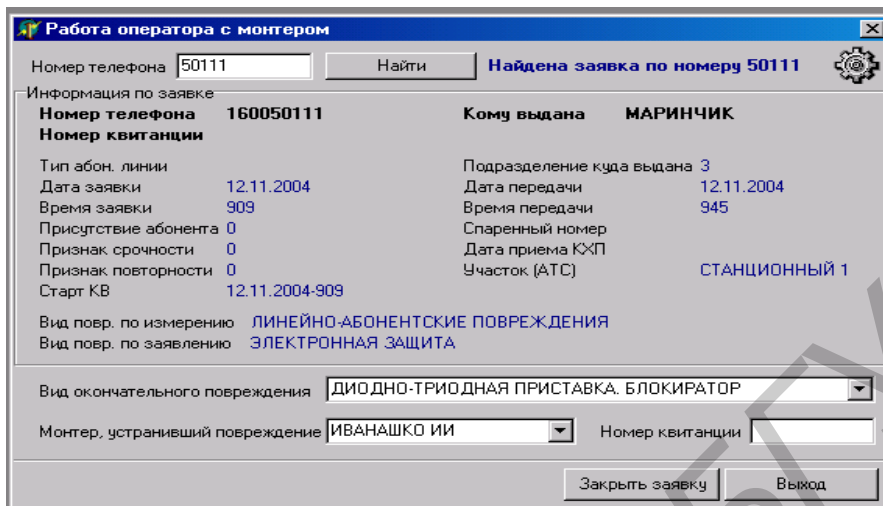
В табличной форме выдается информация по всем заявкам. Если необходимо получить данные по номеру телефона, в поле «Поиск по телефону» вводится номер телефон, курсор становится на необходимую запись, двойным щелчком «мышки» по записи можно выйти на полную информацию о заявке.

На рисунке 4.6 приведен пункт программы «Закрытие заявки».



Заккрытие заявки может проводиться по звонку монтера с линии и сообщении об устранении повреждения или по выполненному наряду –режимы «работа оператора с монтером» и «заккрытие заявок по наряду».

При активизации пункта меню «Работа оператора с монтером» на экран выдается следующая форма:



Информация по заявке	
Номер телефона	160050111
Номер квитанции	
Тип абон. линии	
Дата заявки	12.11.2004
Время заявки	909
Присутствие абонента	0
Признак срочности	0
Признак повторности	0
Старт КВ	12.11.2004-909
Вид повр. по измерению	ЛИНЕЙНО-АБОНЕНТСКИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ
Вид повр. по заявлению	ЭЛЕКТРОННАЯ ЗАЩИТА

Кому выдана	
МАРИНЧИК	
Подразделение куда выдана	3
Дата передачи	12.11.2004
Время передачи	945
Спаренный номер	
Дата приема КХП	
Участок (АТС)	СТАНЦИОННЫЙ 1

Вид окончательного повреждения	ДИОДНО-ТРИОДНАЯ ПРИСТАВКА. БЛОКИРАТОР
Монтер, устранивший повреждение	ИВАНАШКО ИИ
Номер квитанции	

Закреть заявку    Выход

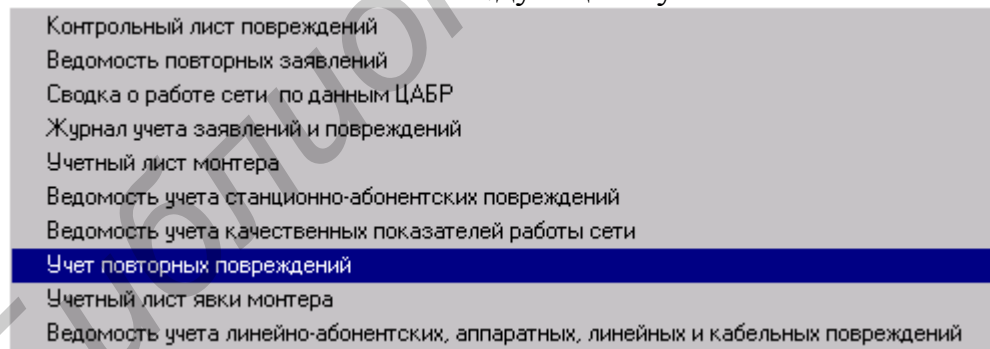
Рисунок 4.6 – Заккрытие заявки

Программа позволяет осуществлять Выход каждого монтера на оператора АРМ.

Монтеры и механики, устраняющие повреждения на линии, в течение рабочего дня обязаны вызвать по телефону оператора бюро ремонта не реже одного раза в час на ГТС, а на СТС – одного раза в 2–3 часа.

На рисунке 4.7 приведен пункт программы АРМ «Статистика».

АРМ статистики включает следующие пункты:



- Контрольный лист повреждений
- Ведомость повторных заявлений
- Сводка о работе сети по данным ЦАБР
- Журнал учета заявлений и повреждений
- Учетный лист монтера
- Ведомость учета станционно-абонентских повреждений
- Ведомость учета качественных показателей работы сети
- Учет повторных повреждений**
- Учетный лист явки монтера
- Ведомость учета линейно-абонентских, аппаратных, линейных и кабельных повреждений

Рисунок 4.7 – АРМ «Статистика»

Статистические формы построены и выдаются по одному стандарту – задается дата или период выдачи и информации, активизируется кнопка «просмотр» для выдачи данных на экран, «печать» для получения печатной формы и кнопка «выход» для выхода из форм.

На рисунке 4.8 показана форма «Сводка о работе сети по данным ЦАБР».

Пункт	Значение
Поступило заявлений всего	0
прямых связей	0
Г, ГМ, НТ	0
нарушение связи не обнаружено (НО, ВС)	0
Повторных заявлений	1
Оставлено до вторичного заявления ДЗ	1
Абонент отказался от заявки (ДЗА)	0
Заявки от абонентов, обслуживаемых до РШ, РК	0
заявки, переданные РТПЦ	0
устранено повреждений всего	3
из них : кабельных	0
из них : не обнаружено монтером кабельного участка	0
станционно-абонентских	1
из них : повреждений аппаратуры АПУС	0
обнаружено в системе передачи	0
линейно-абонентских	2
из них : не обнаружено монтером линейного участка	0

Рисунок 4.8 – Сводка о работе сети по данным ЦАБР

Данный пункт меню предоставляет возможность выдавать информацию по незакрытым кабельным повреждениям за определенную дату, печатать наряды на устранение кабельных повреждений.

В физическом представлении каждому отношению (таблице) соответствует файл БД. Реляционная БД реализуется одним или несколькими отношениями. Связь между кортежами разных отношений (для совместной обработки) реализуется с использованием одного и того же ключа в различных отношениях, помещением ключа одного отношения в качестве атрибута кортежа другого отношения, созданием специальных связующих отношений. Под базой данных (БД) понимают совокупность сведений, логически связанных таким образом, чтобы составлять единую совокупность данных, хранимых в запоминающих устройствах вычислительной машины. Эта совокупность выступает в качестве исходных данных задач, решаемых в процессе функционирования автоматизированных систем управления, систем обработки данных, информационных и вычислительных систем.

Хранилище всех данных называют сервером, данные системы предназначены для объединения разрозненных потоков, кроме того, сервер БД обслуживает базу данных и отвечает за целостность и сохранность данных, а также обеспечивает операции ввода-вывода при доступе пользователя к информации. При этом БД создаются и функционируют под управлением специальных программных комплексов, называемых системами управления базами данных (СУБД), которые располагаются как на компьютерах пользователей (клиентов – те, которые хотят получить доступ к серверу БД), так и на более мощных станциях (серверах БД, транзитных ПК).

Архитектура клиент-сервер состоит из клиентов и серверов. Основная идея состоит в том, чтобы размещать серверы на мощных машинах, а

приложениям, использующим языковые компоненты СУБД, обеспечить доступ к ним с менее мощных машин-клиентов посредством внешних интерфейсов.

Основные тенденции развития СУБД:

- криптографическая целостность (защита информации, позволяет получить доступ для ограниченного числа пользователей);

- персонализация (обеспечения идентификационного доступа к хранимой информации, процедура ID: логин, пароль; кроме того, конкретному клиенту может быть предоставлен определенный уровень доступа к информации, level ID, т.е. доступ ограничен к тем таблицам БД, которые считаются более закрытой информацией);

- глобализация (предоставляет удаленный доступ, т.е. в любой точке Земли, к БД по средствам защитных соединений глобальной сети Internet (либо открытых, в этом случае БД называется открытой));

- мобилизация (осуществляет доступ к информации серверов БД в режиме реального времени и по средствам различных аппаратных средств, конвергенция технологий);

- расширение услуг (предоставление новых услуг по обработке, автоматизации процессов и т.д.).

Увеличение объема и структурной сложности хранимых данных, расширение круга пользователей информационных систем привели к широкому распространению наиболее удобных и сравнительно простых для понимания реляционных (табличных) СУБД. Для обеспечения одновременного доступа к данным множества пользователей, нередко расположенных достаточно далеко друг от друга и от места хранения баз данных, созданы сетевые мультипользовательские версии СУБД. В них тем или иным путем решаются специфические проблемы параллельных процессов, целостности и безопасности данных, а также санкционирования доступа.

Одним из основных преимуществ реляционного подхода к организации БД является то, что пользователи реляционных баз данных получают возможность эффективной работы в терминах простых и наглядных понятий таблиц, их строк и столбцов без потребности знания реальной организации данных во внешней памяти. Реляционная модель данных, содержащая набор четких предписаний к базовой организации любой реляционной СУБД, позволяет пользователям работать в ненавигационной манере, т.е. для выборки информации из БД человек должен всего лишь указать список интересующих его таблиц и те условия, которым должны удовлетворять выбираемые данные. СУБД скрывает от пользователя выполняемые ей последовательные просмотры таблиц, выполняя их наиболее эффективным образом.

Основная особенность реляционных систем состоит в том, что результатом выполнения любого запроса к таблицам баз данных является также таблица, которую можно сохранить в БД или по отношению к которой можно выполнять новые запросы.

Большинство СУБД используют язык SQL (Structured Query Language – язык структурированных запросов), разработанный в 1974 году фирмой IBM для экспериментальной реляционной СУБД System, так как он удобен для описания логических подмножеств БД.

Назначение SQL состоит в следующем:

- создание БД и таблицы с полным описанием их структуры;
- выполнение основных операции манипулирования данными (таких как вставка, модификация и удаление данных из таблиц);
- выполнение простых и сложных запросов.

Одна из ключевых особенностей языка SQL заключается в том, что с его помощью формируются запросы, описывающие, какую информацию из базы данных необходимо получить, а пути решения этой задачи программа определяет сама.

Существуют расширенные версии языка SQL, которые поддерживают такие расширения, как хранимые и расширенные процедуры, а также управление ходом программы через ветвления и организацию циклов.

Хранимые процедуры – это предварительно откомпилированные предложения языка SQL, которые сохраняются на сервере базы данных, использующей язык SQL. Клиент запускает хранимую процедуру с помощью команды EXECUTE <имя процедуры>. Таким образом, по сети передаются только два слова вместо двух сотен. Поскольку эта процедура уже откомпилирована и оптимизирована, серверу не нужно тратить время на компиляцию и оптимизацию.

В качестве хранимых процедур обычно используются часто выполняемые запросы.

Присоединенные процедуры (триггеры) подобны хранимым процедурам и исполняются в ответ на события, происходящие в БД. Когда с некоторыми приложениями языка SQL связана присоединенная процедура, выполнение этого предложения всегда запускает целую серию команд, входящих в эту процедуру. Присоединенная процедура автоматически выполняет одно или более предложений языка SQL всякий раз, когда выполняет предложения INSERT, UPDATE или DELETE.

Большинство SQL-серверов поддерживают ссылочную целостность реляционных БД, состоящих из отдельных таблиц, которые могут быть объединены на основе общей информации. Пример взаимодействия баз данных можно продемонстрировать на следующем примере: база данных содержит таблицу клиентов и таблицу заказов, которые связаны полем номера клиента, содержащимся в обеих таблицах. Поскольку может быть более одного заказа от одного клиента, соотношение таблиц – «один-ко-многим». Когда таблицы соединены, то таблица клиентов является родительской, а таблица заказов – дочерней. Если запись-родитель стирается, а соответствующих ей дочерних записей – нет, то говорят, что дочерние записи «сиротели». Ссылочная

целостность означает, что ни в одной таблице не допустимы записи– «сироты». Запись может «осиротеть» тремя способами:

- родительская запись удалена;
- родительская запись изменена таким образом, что связь между «родителем» и «потомками» потеряна;
- введена дочерняя запись без соответствующей родительской.

Поддержание ссылочной целостности возможно несколькими способами:

- через ключи, хранящиеся в таблицах БД (родительские таблицы содержат первичные ключи, представляющие собой комбинации внешних ключей, которые могут быть найдены внутри каждой из дочерних таблиц);
- использование присоединенных процедур – процедурная ссылочная целостность. Присоединенные программы обеспечивают ссылочную целостность за счет автоматического выполнения предложений SQL всякий раз, когда встречается одно из предложений UPDATE/INSERT или DELETE (либо запрещается удаление родительской записи, либо стираются все дочерние записи).

Цель оптимизации состоит в обеспечении как можно более быстрого получения ответа на запрос с минимальным числом обращений к БД.

Существует два типа оптимизации на языке SQL:

- оптимизация по синтаксису;
- оптимизация по затратам;

Оптимизация по синтаксису использует тот факт, что в языке SQL эффективность запроса зависит от того, как он сформулирован. В данном случае оптимизация зависит от квалификации программиста. При оптимизации по затратам происходит сбор сведений о БД – числе таблиц, числе строк, типе данных в каждой строке, доступности индексирования для конкретного столбца и т. д. Оптимизатор использует эту информацию для выработки наилучшего плана обработки запросов.

Преимущества метода оптимизации по затратам: задача определения наилучшего способа выполнения запроса перекладывается с пользователя на процессор БД.

Недостаток: нахождение оптимального метода само по себе может занять много времени.

Особенности Microsoft SQL:

- исключительная поддержка платформы Windows NT;
- СУБД настолько связана с операционной системой, что ее надежность, масштабируемость и производительность определяются надежностью, масштабируемостью и производительностью самой платформы, и положение SQL Server на рынке будет зависеть от выпуска новых версий Windows;
- применяется в мобильных устройствах (Windows Mobile, CE);
- проста в управлении;
- высокая производительность, масштабируемость и скорость;
- интеграция с Internet;

- позволяет использовать на одном компьютере несколько одновременно работающих серверов;
- поддержка пользовательских функций, которые можно создавать средствами языка Transact SQL. Помимо скалярных значений такие функции могут возвращать и таблицы;
- каскадные удаления и обновления (CASCADE DELETE, CASCADE UPDATE);
- поддержка языка XML, включая ключевое слово FOR XML для извлечения данных в виде XML-потоков;
- индексы для представлений (Indexed Views), поддерживается создание индексов в убывающем порядке;
- улучшенная поддержка распределенных запросов через интерфейс OLE DB позволяет использовать статистику с удаленного сервера для построения более эффективных планов выполнения (execution plans).

Важным разработчиком систем управления базами данных, инструментов для разработки баз данных, а также ERP-систем является компания Oracle Corporation (NASDAQ: ORCL) .

Самым известным продуктом Oracle Inc. является одноимённая СУБД. Однако сфера интересов корпорации не исчерпывается решениями по организации данных. Oracle постепенно наращивает своё влияние во всех сферах, в которых заинтересован средний и крупный бизнес: средства разработки бизнес-приложений, средства автоматизации и т. д.

Основные отличия объектно-реляционной СУБД Oracle от SQL:

- поддержка различных операционных систем;
- применение Java платформы (гибкость, мобильность);
- высокая стоимость продукта (при аналогичных функциях) по сравнению с SQL;
- более высокая надежность СУБД, более сложна в управлении и администрировании;
- координация доступа пользователей к данным, хранящимся в различных серверах Oracle, с помощью Oracle Management Server – компонента среднего звена, предназначенного для централизации управления доступом клиентов к серверам;
- поддерживает индексы, основанные на функциях и выражениях;
- позволяет модифицировать план выполнения запроса и сохранить его в базе данных, что во многих случаях оказывается весьма полезным;
- возможность создавать табличные пространства, управляемые локально, а также создавать переносимые табличные пространства, что позволяет переносить данные с одного сервера на другой без применения экспорта и импорта данных;
- средства автоматизации конфигурирования серверов, утилиты для управления ресурсами используемых компьютеров, а также мониторинга загрузки и производительности;

- концепция Virtual Private Database для упрощения управления доступом: средства защиты данных встроены в саму базу данных, а не в приложения;

- поддержка управления базами данных большого объема;

- параллельная обработка данных и параллельное сопровождение и обслуживание баз данных.

Еще один программный продукт для баз данных – ODBC (Open DataBase Connectivity) . Это программный интерфейс доступа к базам данных, разработанный фирмой X/Open. Позволяет единообразно оперировать с разными источниками данных, отвлекаясь от особенностей взаимодействия в каждом конкретном случае.

В начале 1990 г. существовало несколько поставщиков баз данных, каждый из которых имел собственный интерфейс. Если приложению было необходимо общаться с несколькими источниками данных, для взаимодействия с каждой из баз данных было необходимо написать свой код. Для решения возникшей проблемы Microsoft и ряд других компаний создали стандартный интерфейс для получения и отправки данных источникам данных различных типов. Этот интерфейс был назван open database connectivity, или открытая связь с базами данных.

С помощью ODBC прикладные программисты могли разрабатывать приложения для использования одного интерфейса доступа к данным, не беспокоясь о тонкостях взаимодействия с несколькими источниками.

Это достигается благодаря тому, что поставщики различных баз данных создают драйверы, реализующие конкретное наполнение стандартных функций из ODBC API с учетом особенностей их продукта. Приложения используют эти функции, реализованные в соответствующем конкретном источнике данных драйвера, для унифицированного доступа к различным источникам данных.

MFC усовершенствовала ODBC для разработчиков приложений. Истинный интерфейс ODBC является обычным процедурным API. Вместо создания простой оболочки процедурного API, разработчики MFC создали набор абстрактных классов, представляющих логические сущности в базе данных.

При применении ODBC требуется помнить, что данная технология доступа к данным не рассчитана на работу с большим числом клиентов. В том случае, если необходимо, чтобы с БД одновременно работало много активных клиентов, требуется использовать SQL API или специальный интерфейс для взаимодействия с конкретной БД.

При построении БД следует различать различные способы представления данных:

- физические данные – это данные, хранящиеся в памяти ЭВМ;

- логические данные – это данные, соответствующие пользовательскому представлению физических данных.

Различие между физическим и соответствующим логическим представлением данных состоит в том, что последнее отражает некоторые важные взаимосвязи между физическими данными.

Самым естественным способом представления данных для пользователя непрограммиста является двумерная таблица. А так как доказано, что любая сетевая структура, с некоторой избыточностью, может быть представлена в виде совокупности древовидных структур, а те, в свою очередь, тоже с некоторой избыточностью, могут быть описаны плоскими таблицами, то табличное представление данных стало доминирующим в современных СУБД.

Таблица – это прямоугольный массив данных, который можно описать математически.

Таблицу в терминологии реляционных БД называют отношением. Каждый столбец таблицы является атрибутом. Значения атрибута выделяются из домена (множества допустимых значений атрибута). Число столбцов называется степенью отношения, а число его строк – его мощностью (или кардинальным числом). Строки отношения называются кортежами. Один или ряд столбцов отношения называют возможным ключом отношения, если их значения однозначно идентифицируют строки таблицы. Если таких наборов больше одного, то один из них рассматривают в качестве первичного ключа.

Процесс выявления объектов и их взаимосвязей с помощью концепций реляционной модели и табличной формы представления называется процессом нормализации.

Процесс нормализации таблиц позволяет привести их к виду, удовлетворяющему основным необходимым свойствам реляционных структур (отношению):

- все столбцы таблицы однородны;
- каждому столбцу присвоено уникальное имя;
- все столбцы атомарны, т. е. отношение не может иметь в качестве компонента другое отношение;
- отсутствуют одинаковые кортежи (строки), каждая строка имеет уникальный идентификатор (ключ);
- все кортежи имеют одну и ту же структуру;
- в операциях с таблицами все строки и столбцы могут просматриваться в любой последовательности безотносительно к информационному содержанию и смыслу.

В физическом представлении каждому отношению (таблице) соответствует файл БД. Реляционная БД реализуется одним или несколькими отношениями. Связь между кортежами разных отношений (для совместной обработки) реализуется с использованием одного и того же ключа в различных отношениях, помещением ключа одного отношения в качестве атрибута кортежа другого отношения, созданием специальных связующих отношений.

Выше были описаны автоматизированные системы управления, существование которых невозможно без соответствующих баз данных.



Для реализации конкретной БД необходимо определить те массивы данных, которые будут вводиться, храниться и обрабатываться.

АСУ непрерывно работает с нужными ей данными, изменяя существующие и дополняя новые в базу. Притом база данных может быть непосредственно методом представления необходимых данных для человека машиной (структура этих взаимосвязей приведена на рисунке 4.9).

Например, для регистрации заявлений на установку телефона существует БД «Журнал регистрации очередников». В ней записаны фамилия, имя, отчество человека, подавшего заявление, регистрационная карточка будущего абонента, сведения о льготах, гарантийные письма предприятий. Данная БД служит для постановки на очередь на установку оборудования абоненту. Притом можно выстраивать очередь с учетом льгот, даты подачи заявления и других условий.

Для учета услуг, оказываемых уже подключенным абонентам существует БД «Журнал регистрации услуг». В ней занесен список подключенных услуг для абонента с соответствующими тарифными планами. Притом существование такой базы позволяет решить проблему тарификации разных услуг с учетом времени суток и существующих льгот абонента.

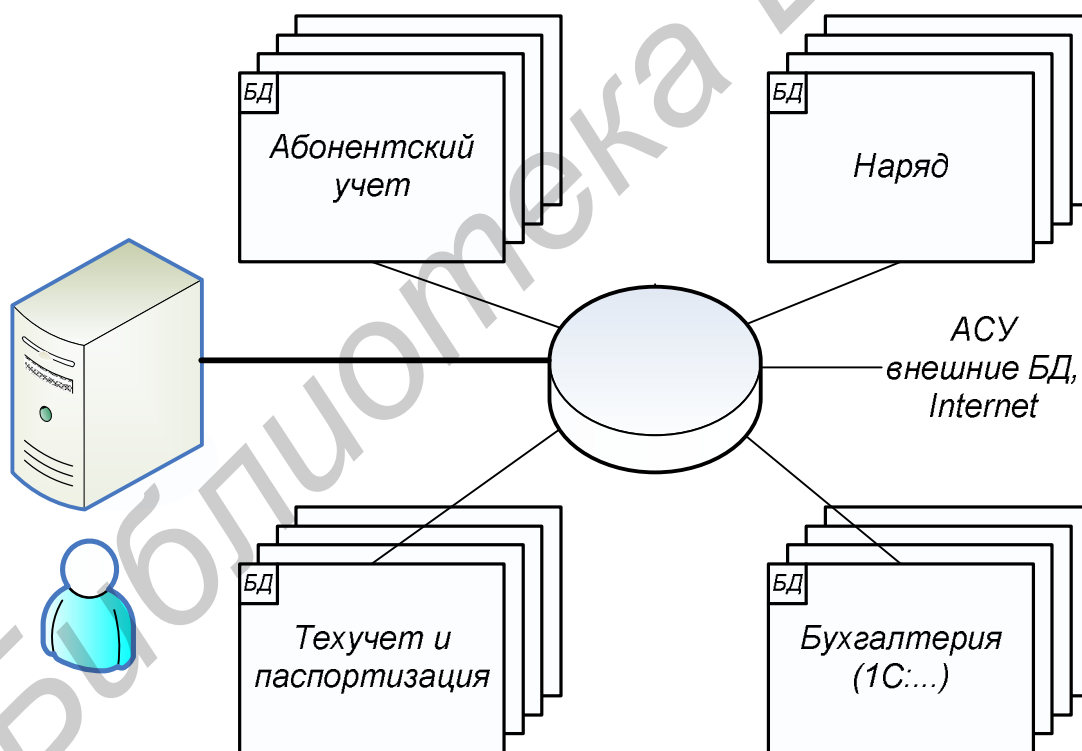


Рисунок 4.9 – Схема взаимосвязи БД с ресурсами СТС

В БД «Шкафная книга» помещена информация о свободных и подключенных парах кабеля в распределительных шкафах и коробках. Данная БД служит для определения технической возможности установки телефона.

Схожей по назначению является БД «Кабельная канализация». Эти базы могут использоваться при построении оптимального маршрута, а также при модернизации существующей городской телефонной сети.

Базы данных «Наряды» и «Нормы расхода материалов» служат для составления отчетов о проделанной работе и о перерасходе материалов. Информация о нарядах на работу может служить основой для оплаты труда работников СТС.

По аналогии другие БД предназначены для выполнения своих специфических функций. Основное их назначение – упорядочивание и хранение различной информации. Необходимо отметить, что с развитием автоматизированных систем управления роль баз данных будет возрастать, т.к. они облегчают доступ к нужной информации, обеспечивают сохранность данных и освобождают человека от лишней работы.

Внедрение автоматизированной системы управления на сельских сетях связи привело к значительному повышению производительности труда и сокращению персонала.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Костров, Б. В. Телекоммуникационные системы и вычислительные сети : учеб. пособие / Б. В. Костров. – М. : ТЕХБУК, 2006. – 256 с.

2 Хелд, Г. Технологии передачи данных / Г. Хелд. – 7-е изд. – СПб. : Питер, К. Издательская группа BHV, 2003. – 720 с.

3 Хацкевич, О. А. Организация и управление предприятиями связи / О. А. Хацкевич. – Минск : БГУИР, 2006. – 20с.

4 Хацкевич, О. А. Организация связи в Республике Беларусь / О. А. Хацкевич. – Минск : БГУИР, 2003. – 35с.

5 Урядов, В. Н. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Компоненты волоконно-оптических систем передачи» для студентов специальности 1-45 01 01 Многоканальные системы телекоммуникаций / В. Н. Урядов. – Минск : БГУИР, 2006.

6 Слепов, Н. Н. Синхронные цифровые сети SDH / Н. Н. Слепов. – М. : «Эко-Трендз», 1998. – 288 с.

7 Huawei Technologies [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа : <http://www.huawei.com/ru/>.

8 ТКП 211-2010 (02140) Линейно-кабельные сооружения электросвязи. Правила проектирования.

9 ТКП 216-2010 (02140) Городские и сельские телефонные сети. Правила проектирования.

10 ТКП 45-4.04-27-2006 (02250) Устройства связи и диспетчеризации инженерного оборудования жилых и общественных зданий. Правила проектирования.

11 ТКП 300-2011 (02140) Пассивные оптические сети. Правила проектирования и монтажа.

12 ГОСТ 21.406-88. Система проектной документации для строительства. Проводные средства связи. Обозначения условные графические на схемах и планах.

13 ITU-T Recommendation G.992.3 (04/2009) – Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2).

14 ITU-T Recommendation G.992.5 (01/2009) – Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2) – Extended Bandwidth (ADSL2plus).

15 Рекомендация ITU-T G.983.1 (01/2005) – Оптические системы широкополосного доступа, базирующиеся на пассивной оптической сети (PON).

16 Рекомендация ITU-T G.984.2 (03/2003) – Пассивные волоконно-оптические сети с поддержкой гигабитных скоростей передачи (GPON): Спецификация зависимого от физической среды (PDM) уровня.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Характеристика сельской телефонной сети .....	4
1.1 Принципы построения сельских сетей связи .....	4
1.2 Сети передачи данных СТС .....	5
1.3 Современные услуги связи на СТС .....	10
1.4 Оборудование передачи данных на СТС .....	12
2. Характеристика оптической сети доступа .....	16
3. Расчет трафика сети передачи данных .....	27
4. Автоматизация процессов управления на СТС .....	32
Литература .....	50

Библиотека БГУИР

*Учебное издание*

**Хацкевич Олег Александрович**

## **ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТЕЙ СЕЛЬСКОЙ СВЯЗИ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

Редактор *И. П. Острикова*  
Корректор *Е. Н. Батурчик*

Подписано в печать 02.11.2012. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 3,2. Тираж 100 экз. Заказ 129.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.  
220013, Минск, П. Бровки, 6