

Нев.
Кет
Нотар
РПС-1,2,3,4,5
для РЖД-802808
Офис
19.06.13.

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
Центральной станции связи
— филиала ОАО "РЖД"

В.Э. Вохмянин

" " 2013 г.

Зам РПС, РПСУ, Тех.оз

для руководства в работе,
ознакомление с персоналом,
включить в план тех.задания
Лавр 20.06.13

Концепция развития первичной сети связи ОАО «РЖД» до 2015 года

Количество листов — 32

Москва
2013

РПС-1РСТ	ВХОДЯЩИЙ
	№ 6/Н 20.06.2013.

Ростовская дирекция связи	ВХОДЯЩИЙ № 10.06.13.
---------------------------------	-------------------------

весь документ здел
взамен по эс.п.
зис, кет, крс

ЦЕНТРАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ СВЯЗИ – ФИЛИАЛ ОАО "РЖД"

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор
Центральной станции связи
– филиала ОАО "РЖД"

_____ В.Э. Вохмянин

"__" _____ 2013 г.

Концепция развития первичной сети связи ОАО «РЖД» до 2015 года

Количество листов – 32

Москва
2013

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ
Концепции развития первичной сети связи ОАО «РЖД» до 2015 года

Ф.И.О	Должность и организация	Подпись и дата
Л.Л. Козюбченко	Первый заместитель генерального директора ЦСС	
А.Н. Слюняев	Главный инженер ЦСС	
М.В. Старков	Заместитель генерального директора ЦСС по контролю и мониторингу	
А.Д. Чесноков	Начальник службы анализа и планирования услуг технологической связи ЦСС	
А.В. Чечель	Начальник службы эксплуатации ЦСС	
С.В. Скурат	Начальник инженерно-технической службы ЦСС	

Содержание

Использованные сокращения	4
1. Введение. Задачи и цели концепции	6
2. Существующее состояние первичной сети и необходимость модернизации	8
3. Мировые тенденции развития транспортных сетей связи...	12
4. Концепция развития сети волоконно-оптических линий связи	14
4.1. Краткое обоснование выбора технологии WDM	14
4.2. Оптическая транспортная платформа	14
5. Типовое оптическое звено. Цепочка типовых звеньев.	16
5.1. Обоснование выбора технологии CWDM	16
5.2. Основные принципы построения ТОЗ	16
6. Пропускная способность ТОЗ. Распределение трафика	18
7. Прямое оптическое соединение ТПУ-ТПУ как часть типовой оптической секции	20
7.1. Обоснование выбора технологии DWDM	20
7.2. Основные принципы построения прямых соединений ТПУ-ТПУ	20
8. Пропускная способность прямого оптического соединения ТПУ-ТПУ. Распределение трафика.....	22
9. Типовая секция SDH.....	23
10. Типовая пакетная секция.....	23
11. Развитие сетей передачи данных	24
12. Организация резервирования	27
13. Заключение. Основные результаты и перспективы	28

Использованные сокращения

АСУ	– автоматизированная система управления
ВОЛС	– волоконно-оптическая линия связи
ГВЦ	– Главный вычислительный центр
ЕМЦСС	– Единая магистральная цифровая сеть связи
ЕСМА	– Единая система мониторинга и администрирования
ИС	– информационная система
ИТ	– информационные технологии
КТТК	– Компания ТрансТелеКом
МСЭ-Т	– Международный союз электросвязи. Сектор стандартизации
ОВ	– оптическое волокно
ОбТС	– общетехнологическая связь
ОТС	– оперативно-технологическая связь
ОУ	– оптический усилитель
ПУ	– периферийный узел
РУ	– региональный узел
СПД	– сеть передачи данных
СПД ОТН	– сеть передачи данных оперативно-технологического назначения, обслуживающая технологическую сеть связи
СПД РЖД	– общекорпоративная сеть передачи данных, обслуживающая ОАО «РЖД»
ТЗВ	– типовое звено
ТЗС	– типовое звено SDH
ТОЗ	– типовое оптическое звено
ТОС	– типовая оптическая секция
ТПЗ	– типовое пакетное звено
ТПС	– типовая пакетная секция
ТПУ	– транзитный периферийный узел
ТС	– типовая секция
ТСС_{ин}	– типовая секция SDH
ЦОД	– центр обработки данных
ЭКУ	– элементарный кабельный участок
ACL	– Access Control List (список контроля доступа)
ADM	– Add and Drop Multiplexor (мультиплексор ввода-вывода)
CO-PS	– Connection-Oriented Packet-Switching (пакетная коммутация, ориентированная на соединение)
CWDM	– Coarse Wavelength Division Multiplexing (неплотное мультиплексирование с разделением по длинам волн)
DWDM	– Dense Wavelength Division Multiplexing (плотное мультиплексирование с разделением по длинам волн)
E1	– European PDH primary channel (первичный канал европейской плезиохронной иерархии)
E3	– European PDH tertiary channel (третичный канал европейской плезиохронной иерархии)

EoS	– Ethernet over SDH (Ethernet поверх SDH)
GE	– Gigabit Ethernet (гигабитный Ethernet)
10GE	– 10 Gigabit Ethernet (десяти гигабитный Ethernet)
IETF	– Internet Engineering Task Force (Группа инженерной поддержки Интернет)
IP	– Internet Protocol (протокол Интернет)
L1	– Level 1 (первый, физический уровень модели OSI)
L2	– Level 2 (второй, канальный уровень модели OSI)
L3	– Level 3 (третий, сетевой уровень модели OSI)
MPLS	– Multiprotocol Label Switching (многопротокольная коммутация с использованием меток)
MPLS-TP	– MPLS Transport Profile (транспортная конфигурация MPLS)
NG SDH	– Next Generation SDH (SDH следующего поколения)
OADM	– Optical Add and Drop Multiplexor (оптический мультиплексор ввода-вывода)
OAM	– Operation, Administration, Maintenance (эксплуатация, администрирование, техническое обслуживание)
OSI	– Open Systems Interconnection (взаимодействие открытых систем)
PDH	– Plesiochronous Digital Hierarchy (плезеохронная цифровая иерархия)
SDH	– Synchronous Digital Hierarchy (синхронная цифровая иерархия)
STM	– Synchronous Transport Module (синхронный транспортный модуль)
TDM	– Time Division Multiplexing (мультиплексирование с разделением по времени)
VRF	– Virtual Routing and Forwarding (виртуальная маршрутизация и пересылка)
WDM	– Wavelength Division Multiplexing (мультиплексирование с разделением по длинам волн)
λ	– длина волны

1. Введение. Задачи и цели концепции

Концепция развития транспортной сети связи (далее – Концепция) определяет общие принципы технологического развития транспортной (первичной) сети связи ОАО «РЖД» на перспективу до 2015 года.

Основными факторами, определяющими необходимость развития и модернизации транспортной сети связи, являются:

- внедрение новой системы корпоративного управления ОАО "РЖД";
- развитие корпоративной и региональной информатизации;
- развитие автоматизации ряда технологических процессов железнодорожного транспорта;
- развитие и существенное расширение участков скоростного движения (с продолжением этого развития в перспективе), развитие высокоскоростного движения;
- усиление требований к безопасности движения (возрастание террористических угроз и др.).

Перечисленные факторы определяют основную стратегическую задачу развития, заключающуюся в резком увеличении пропускной способности сети связи и создания базы для её дальнейшего роста в перспективе. При этом должны обеспечиваться высокое качество и надёжность предоставляемых услуг.

Другой важной задачей является повышение эффективности работы сети, откуда следует необходимость применения перспективных телекоммуникационных технологий и вывода из эксплуатации морально и физически устаревшего оборудования.

Цель Концепции – определить основные принципы, направленные на выполнение этой задачи.

Технологическое развитие должно базироваться на следующих общих принципах:

- развитие должно быть поэтапным;
- реализация каждого последующего этапа должна производиться без штатных перерывов действующих связей и не должна требовать замены работоспособного оборудования, установленного на предыдущих этапах;
- развитие должно носить инновационный характер;
- развитие должно учитывать мировые тенденции.

Под поэтапным развитием подразумевается как разбиение процесса реализации решений Концепции на ряд последовательных технологических этапов, так и одновременная реализация технологических этапов на разных участках сети.

Необходимость и целесообразность ориентации на поэтапный характер развития диктуется следующими соображениями:

- зависимость масштабов внедрения от реальных инвестиций. Это означает, что решения, предлагаемые в Концепции, должны технически позволять осуществлять внедрение отдельными сетевыми фрагментами. Для выполнения этого требования должна быть обеспечена сетевая совместимость модернизированных и ещё не модернизированных участков;
- возможность первоочередного проведения модернизации на наиболее важных или проблемных участках сети;
- поэтапный характер внедрения позволяет учесть опыт внедрения и эксплуатации ранее модернизированных участков при модернизации последующих.

Решения, предлагаемые в Концепции, должны рассматриваться как типовые, пригодные для реализации в большинстве конкретных условий.

Допускается, что в небольшом количестве отдельных случаев реализация типовых решений может оказаться невозможной или нецелесообразной.

Для таких случаев следует разрабатывать и использовать частные решения, учитывающие конкретные местные условия.

Важно отметить, что по определению в Концепции приводятся только общие принципы развития первичной сети. Детальная проработка технических решений по развитию конкретных участков сети связи должна производиться на этапе рабочего проектирования.

2. Существующее состояние первичной сети и необходимость модернизации

В настоящее время протяжённость волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) на сети связи ОАО «РЖД» превышает 73 тыс. км. Эти линии оснащены оборудованием синхронной цифровой иерархии (SDH) и плезиохронной цифровой иерархии (PDH) различных производителей. Все ВОЛС с аппаратурой SDH (более 5 тыс. мультиплексоров) и PDH (1,6 тыс. мультиплексоров) охвачены Единой системой мониторинга и администрирования – ЕС-МА.

Средний уровень износа всех основных средств технологической сети связи по положению на 1 июля 2012 года составил 67%.

Состояние сети волоконно-оптических кабелей, проложенных относительно недавно, в целом не должно вызывать опасений. В то время как состояние медножильных кабелей, воздушных линий связи является критическим.

На задействованных волокнах оптического кабеля линий дорожной связи работает в настоящее время в подавляющем большинстве случаев аппаратура PDH уровня E3 (34 Мбит/с), SDH уровня STM-1 (155 Мбит/с) и в отдельных случаях – STM-4 (622 Мбит/с).

Прямая связь между крупными узловыми станциями осуществляется за счёт использования (путём аренды) ресурсов Единой магистральной цифровой сети связи (ЕМЦСС).

Все остальные сети работают поверх SDH или PDH (Рис. 1).

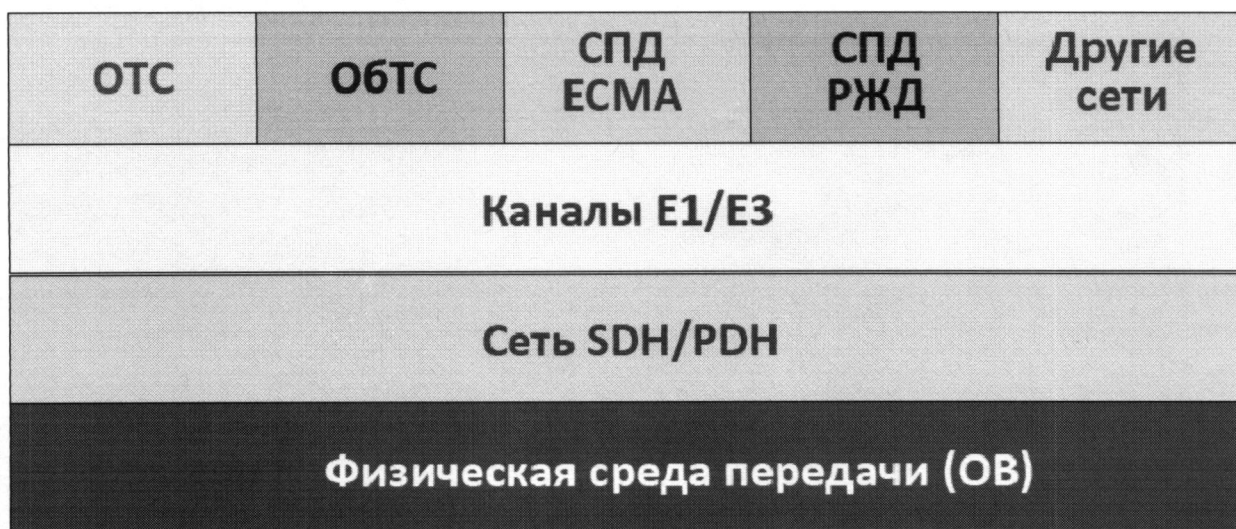


Рис. 1. Общая структура существующей сети связи

Как следует из рисунка 1 возможности сетей, работающих поверх сетей SDH, ограничены низкой пропускной способностью каналов PDH и их количеством, которое может быть предоставлено аппаратурой SDH низшей ступени иерархии, т.е. уровня STM-1, или аппаратурой PDH.

Существующее состояние первичной сети связи иллюстрируется рисунком 2, на котором показана топология сети и степень загруженности её отдельных участков.

Из рисунка видно, что в значительной части сети (выделено красным цветом) загруженность превышает 75%, что сдерживает развитие вторичных сетей.

Вышеизложенное свидетельствует о необходимости модернизации сети в направлении существенного увеличения пропускной способности.

Непринятие мер по модернизации остановит развитие вторичных сетей, приведёт к критическому состоянию с износом оборудования. В результате через несколько лет сеть перестанет в полной мере выполнять свои функции и удовлетворять растущие потребности ОАО "РЖД".

Одним из вариантов повышения пропускной способности сети является замена аппаратуры SDH уровня STM-1 (STM-4) на аппаратуру SDH уровня STM-16. Однако этот вариант не обеспечивает полноценного решения проблемы.

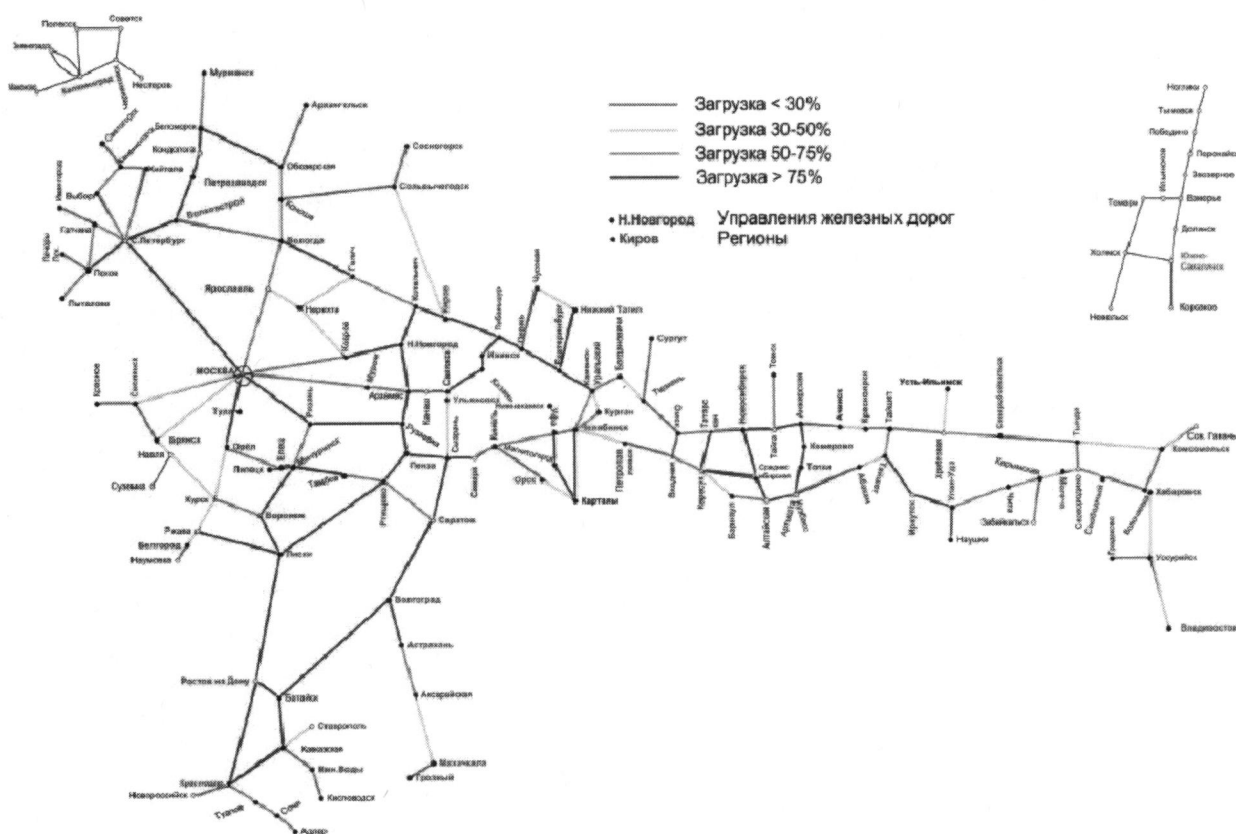


Рис. 2. Существующая загрузка линий

При всех достоинствах аппаратуры SDH как широко распространённого технического средства транспортной сети связи, важно отметить, что её масштабируемость ограничена иерархическим уровнем установленных мультиплексоров. При полной комплектации мультиплексоров SDH компонентными блоками дальнейшее увеличение пропускной способности требует замены мультиплексоров на более производительные, что связано с такими не-

гательными явлениями, как перерывы связи и вывод из эксплуатации работоспособной аппаратуры, ещё не исчерпавшей свой ресурс (т.е. ни морально, ни физически не устаревшей). Перевод сети SDH на более высокий иерархический уровень увеличивает потенциальную пропускную способность в четыре раза. Однако уже сегодня ясно, что такое увеличение является полумерой, при которой в скором времени снова потребуются принимать решения по увеличению пропускной способности транспортной сети.

Анализ современного состояния телекоммуникационного рынка показывает неуклонный спад продаж аппаратуры SDH. Причём это относится уже и к относительно новой NG SDH (традиционная SDH за рубежом уже практически не выпускается). Ожидается, что после 2015 года основные компании-производители прекратят выпуск этой аппаратуры со всеми вытекающими отсюда последствиями.

По причинам, изложенным выше, делать ставку на SDH, как основное средство увеличения пропускной способности, нецелесообразно.

Наиболее существенным фактором, определяющим необходимость резкого повышения пропускной способности первичной сети, является происходящее и прогнозируемое в последующие годы развитие информационных технологий (ИТ).

Важным принципом, провозглашаемым в различных официальных документах ОАО "РЖД", является утверждение, что основой для развития ИТ является опережающее развитие телекоммуникационной инфраструктуры.

Существующее состояние сетей передачи данных (СПД РЖД и СПД ОТН) является узким местом, тормозящим перспективное развитие ИТ.

СПД РЖД обеспечивает огромное количество информационных систем (ИС) и автоматизированных систем управления (АСУ). Их общее число в настоящее время достигло 496. Наиболее важные с точки зрения формирования трафика перечислены в таблице 2.

Таблица 2. Основные ИС и АСУ

№	Основные системы	
	Краткое наименование	Полное наименование
1	ЕК АСУФР	Единая Корпоративная Автоматизированная Система Управления Финансами и Ресурсами
2	ЕК АСУТР	Единая корпоративная автоматизированная система управления трудовыми ресурсами
3	ЕАСД (ASD)	Единая автоматизированная система электронного документооборота ОАО «РЖД»
4	СИС Эффект	Система информационного сервиса "Эффект"
5	АС ЭТД	Автоматизированная система Электронного технологического документооборота
6	ЭТРАН	АС централизованной подготовки и оформления перевозочных документов на железнодорожном транспорте

№	Основные системы	
	Краткое наименование	Полное наименование
7	АС "Сириус"	Сетевая Интегрированная Информационно-Управляющая Система
8	ДИСПАРК	Автоматизированная система пономерного контроля дислокации, анализа использования и регулирования вагонных парков
9	ГИД "УРАЛ-ВНИИЖТ"	Оперативная система контроля и анализа эксплуатационной работы дороги (модифицированная) График исполненного движения поездов
10	ЕАСАПР М	Единая автоматизированная система актов-претензионной работы хозяйства коммерческой работы в сфере грузовых перевозок
11	САИ ПС	Система автоматической идентификации подвижного состава "Пальма"
12	КОЗРВ АСУ ЭКСПРЕСС 3	Комплекс обработки заказов реального времени АСУ Экспресс 3
13	АСУ П (сетевой уровень)	АСУ содержанием хозяйства пути и сооружений
14	АСУ Ш-2	АСУ инфраструктурой и подвижным составом (АСУ содержанием инфраструктуры хозяйства сигнализации, централизации и блокировки)
15	ЕК АСУИ	Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой ОАО "РЖД"
16	АСУТ Т	Информационно-сигнальная система контроля работы локомотивов и локомотивных бригад (подсистема АСУТ дорожно-регионального уровня)
17	ЕК ИОММ	Единый комплекс интегрированной обработки маршрута машиниста
18	АСУ В	АСУ вагонным хозяйством
19	ЭПС ОАО "РЖД"	Электронная почтовая система ОАО "РЖД"
20	АС ЭТД МЭК	Автоматизированная система Электронного технологического документооборота с применением электронной цифровой подписи с помощью Многофункциональной электронной карты работника ОАО «РЖД»
21	СДО ОАО "РЖД"	Система дистанционного обучения ОАО "РЖД"

По данным ГВЦ ОАО «РЖД» (презентация зам. директора ГВЦ К.Ю. Баранова "Новые возможности развития инфраструктуры информатизации ОАО «РЖД» в результате реализации инновационных проектов ЦСС") налицо следующие негативные факторы, относящиеся к текущему состоянию СПД РЖД:

- недостаточность базы, обеспечивающей передачу данных (широкополосные каналы, арендуемые у КТТК, каналы E1 и E1×n, предоставляемые ЕМЦСС);

- наличие большого количества устаревшего оборудования. Доля полностью амортизируемого оборудования, снятого с производства и не имеющего поддержки производителя, составляет 55%;
- низкая производительность оборудования, что блокирует внедрение современных АСУ;
- развитие СПД ограничено недостаточным количеством портов на оборудовании для подключения каналов;
- действующее оборудование не обеспечивает современные сетевые сервисы и безопасность;
- трафик на магистральном сегменте балансирует на пределе имеющейся пропускной способности.

Ряд реализуемых проектов требует безотлагательного и многократного увеличения пропускной способности СПД РЖД.

В итоге по данным ГВЦ для нужд СПД РЖД уже сегодня требуются каналы первичной сети с пропускной способностью не менее 1 Гбит/с.

Примерно такое же положение сложилось с развитием СПД ОТН. Одним из примеров может служить задача выведения единой системы хранения и обработки данных ЦСС на новый технологический уровень. Для решения этой задачи предлагается создать в структуре ЦСС два территориально разнесённых ЦОД (основной и резервный). Перспективным направлением развития ЦОД является внедрение технологий виртуализации информационных ресурсов, управления системными, прикладными сервисами и автоматизации этого управления с помощью различных средств. Расчёты показывают, что для связи основного и резервного ЦОД потребуется первичная сеть с пространственным резервированием, обеспечивающая передачу сигналов 10GE.

3. Мировые тенденции развития транспортных сетей связи

Технологическое развитие сети связи ОАО "РЖД" не может не учитывать мировые тенденции развития телекоммуникаций.

Мировое производство систем и аппаратуры связи, а также соответствующей элементной базы, развивается по своим законам и во многом определяет "телекоммуникационную моду".

Многие виды аппаратуры, ещё вполне отвечающие требованиям заказчиков, исчезают из номенклатуры телекоммуникационного рынка с появлением продуктов на новой технологической основе.

По этой причине потребители (в основном операторы связи) вынуждены перестраивать свои сети, что не всегда совпадает с функциональной необходимостью. Вышедшую из "моды" аппаратуру становится трудно эксплуатировать, поскольку она лишается технической поддержки производителя, возможности доукомплектования, поставки ЗИП и т.д.

Крупная сеть с большим объёмом аппаратуры может рассчитывать (особенно, в условиях России) на отдельные компании, которые специализируются на поставку оборудования именно на эту сеть. Однако при этом име-

ется риск попадания в зависимость от такого вендора, который сможет в качестве монополиста навязывать невыгодные коммерческие условия поставок.

С другой стороны, разумное следование мировым тенденциям развития даёт, как правило, инновационный эффект, заключающийся в существенном улучшении работы сети.

Анализ современных тенденций позволяет сформулировать следующие основные положения развития телекоммуникаций:

- a) Основной средой передачи фиксированных сетей в обозримом будущем остаётся волоконно-оптический кабель с одномодовыми волокнами
- b) Архитектура сетей связи должна соответствовать принципам сетей следующего поколения (Next Generation Network – NGN). Основным архитектурным принципом построения перспективных сетей связи является отделение транспортного уровня от уровня формирования услуг, что позволяет им развиваться относительно независимо. Функциональное взаимодействие этих уровней осуществляется через промежуточный слой адаптации. Следует отметить, что вышеуказанная перспективная сетевая архитектура в настоящее время реализована за рубежом и в нашей стране во многих мультисервисных сетях.
- c) Базой фиксированных телекоммуникационных сетей должна являться оптическая транспортная платформа, построенная на технологии мультиплексирования с разделением по длинам волн (Wavelength Division Multiplexing – WDM). Международный союз электросвязи (МСЭ) никаких альтернативных вариантов не рассматривает. С помощью технологии WDM образуются прозрачные, т.е. протоколно независимые, оптические каналы, являющиеся основой построения мультисервисных сетей. Следует отметить, что указанная оптическая платформа является предпосылкой создания в будущем полностью оптической транспортной сети (ОТС). Перспективность ОТС подтверждается выпуском множества стандартов (в частности, 23 рекомендации МСЭ-Т).
- d) Одной из тотальных мировых тенденций является "пакетизация" телекоммуникационных сетей. Пакетные технологии неуклонно вытесняют традиционные канальные технологии (технологии TDM). Именно современные пакетные технологии являются инструментом построения мультисервисных телекоммуникационных сетей. Применение пакетных технологий непосредственно поверх оптической платформы позволяют организовать пакетную транспортную сеть, обладающую мультисервисной функциональностью и реализующую архитектуру, в соответствии с принципами NGN.
- e) В настоящее время известны две перспективные базовые технологии транспортных пакетных сетей: IP/MPLS, причём в качестве

технологии MPLS используется её перспективная версия MPLS-TP (Multiprotocol Label Switching-Transport Profile, или транспортная конфигурация многопротокольной коммутации с использованием меток) и IP/ PBB-TE, где PBB-TE расшифровывается как Provider Backbone Bridge Traffic Engineering (мост операторских опорных сетей с регулированием трафика). Анализ технической литературы и внедрения пакетных технологий в мире позволяет отдать предпочтение технологии IP/MPLS-TP, стандартизированной шестью рекомендациями МСЭ-Т.

Развитие сети ОАО "РЖД" согласно настоящей Концепции планируется с полным учётом мировых тенденций, изложенных выше.

4. Концепция развития сети волоконно-оптических линий связи

4.1. Краткое обоснование выбора технологии WDM

В качестве основного стратегического решения предлагается создание в общесетевом масштабе оптической транспортной платформы на базе технологии WDM, с использованием двух её разновидностей:

- плотного мультиплексирования с разделением по длинам волн (Dense Wavelength Division Multiplexing – DWDM)
- неплотного мультиплексирования с разделением по длинам волн (Coarse Wavelength Division Multiplexing – CWDM).

Такое решение, широко распространённое во всём мире и в нашей стране, позволяет многократно увеличить пропускную способность оптических линий, причём постепенно по мере необходимости и без прерывания действующих связей. В настоящее время WDM является единственной технологией, удовлетворяющей этим требованиям.

4.2. Оптическая транспортная платформа

Оптическая транспортная платформа в общесетевом масштабе должна быть сформирована как совокупность сегментов, создаваемых поэтапно.

Структура каждого сетевого сегмента формируется на основе двух видов типовых фрагментов:

- типовой секции (ТС);
- типового звена (ТЗВ).

Типовое звено (ТЗВ) организуется на волокнах, по которым в настоящее время работают мультиплексоры SDH уровня STM-1 (в отдельных случаях STM-4). ТЗВ соединяет соседние пункты линии и представляет собой элементарный кабельный участок (ЭКУ) с аппаратурой на его концах. Цепочка последовательно соединённых звеньев начинается и заканчивается в крупных узловых станциях, в которых располагаются Транзитные периферийные узлы (ТПУ).

Типовая секция (ТС) представляет собой более сложный сетевой фрагмент, включающий в себя цепочку ТЗВ и прямое соединение ТПУ-ТПУ, организованное на свободной паре волокон.

Схема ТС представлена на рисунке 3.

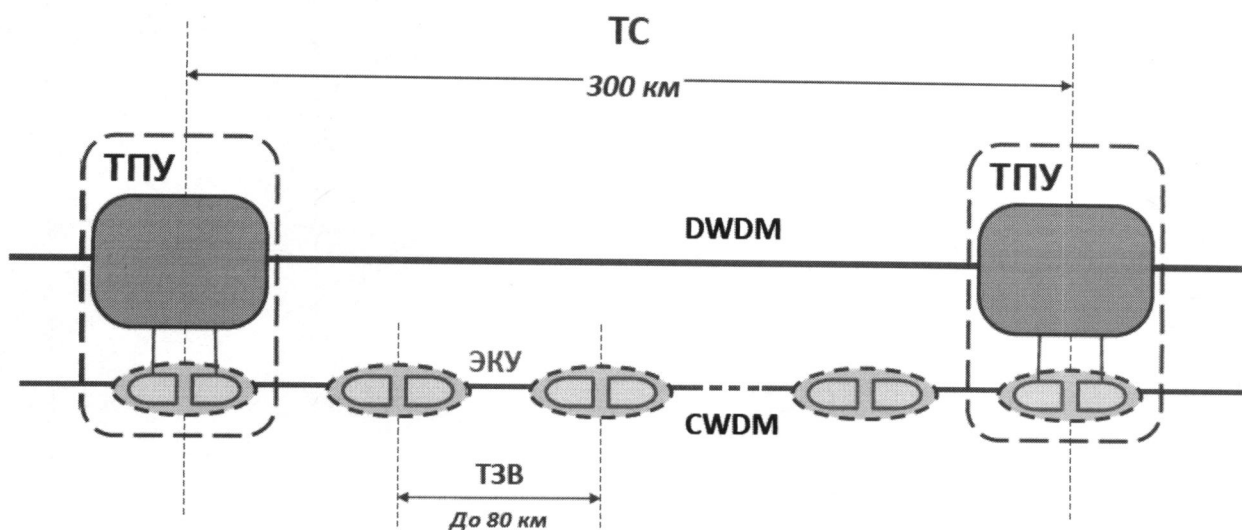


Рис. 3. Схема типовой секции

Одинокная ТС или совокупность смежных ТС, создаваемых в рамках одного и того же этапа модернизации, образуют сетевой фрагмент (часть общесетевой оптической транспортной платформы).

На прямом соединении ТПУ-ТПУ используется технология DWDM, в цепочке ТЗВ – технология CWDM. Такое распределение технологий между прямым соединением ТПУ-ТПУ и ТЗВ продиктовано технико-экономическими соображениями. Соответствующее обоснование приведено ниже в разделах 4 и 6.

Физической основой технологической сети связи являются линии волоконно-оптического кабеля. Эти линии построены вдоль трасс железных дорог (ЖД), что и определяет топологию физического уровня сети (рис. 2).

При этом вся сеть ВОЛС представляется в виде множества связанных протяжённых кольцевых структур, которые могут охватывать несколько железных дорог (рис. 2). Основные кольцевые структуры могут содержать линейные ответвления и локальные кольца. Вся эта сложная топология может быть представлена как совокупность ТС.

Поверх оптической платформы будут работать сети, построенные на основе различных технологий. В связи с этим типовую секцию (ТС) можно представить в виде многослойной функциональной модели, состоящей из оптического слоя (типовой оптической секции – ТОС), слоя на основе технологии TDM (типовой секции SDH – ТССин), слоя на основе пакетной технологии (типовой пакетной секции – ТПС).

Многослойное представление ТС показано на рисунке 4.

Аналогично можно представить составные части ТС: прямые соединения ТПУ-ТПУ (оптические, SDH, пакетные) и типовые звенья (оптические, SDH, пакетные).

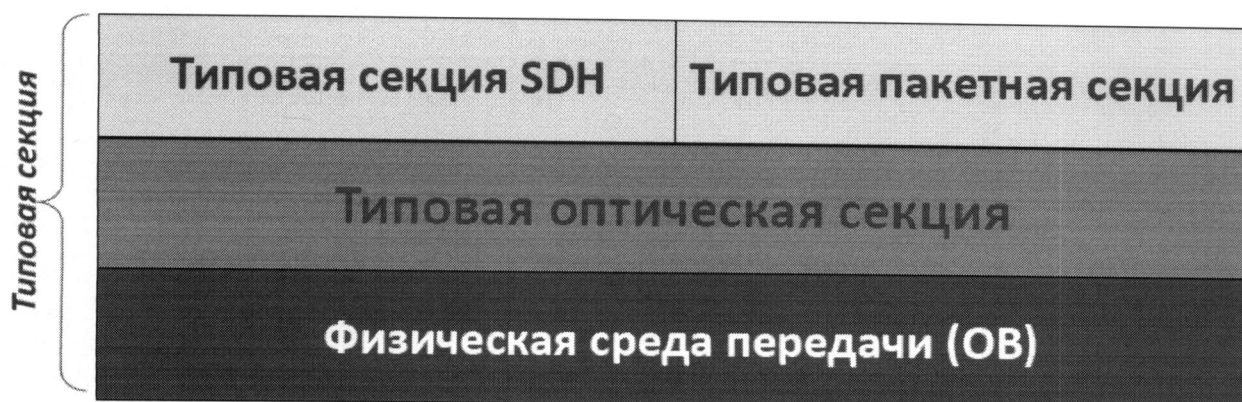


Рис. 4. Многослойное представление типовой секции

5. Типовое оптическое звено. Цепочка типовых звеньев.

5.1. Обоснование выбора технологии CWDM

Типовое оптическое звено (ТОЗ) создаётся на базе технологии CWDM. Выбор между технологиями CWDM и DWDM для данного применения определяется следующими соображениями:

- a) Аппаратура CWDM при одинаковом числе оптических каналов существенно дешевле аппаратуры DWDM. Наименьшее номинальное количество каналов в выпускаемой в настоящее время аппаратуре DWDM равно шестнадцати. В то время, как это показано ниже, для ТОЗ достаточно (с учётом развития) четырёхканальной системы. Это обстоятельство дополнительно увеличивает ценовую привлекательность CWDM.
- b) Промежуточная аппаратура CWDM в отличие от аппаратуры DWDM является пассивной и не требует электропитания.
- c) ТОЗ организуется на парах волокон, на которых в настоящее время работают мультиплексоры SDH уровня STM-1. Промежуточная аппаратура CWDM в отличие от аппаратуры DWDM обладает свойством прозрачности на длине волны, используемой для существующих мультиплексоров уровня STM-1. Данное обстоятельство позволяет осуществлять развитие, не ломая действующие дорожные сети.
- d) Дальность действия аппаратуры DWDM применительно к ТОЗ является избыточной.

5.2. Основные принципы построения ТОЗ

Рекомендацией МСЭ-Т G.695 (10/10)¹ установлен следующий ряд систем CWDM по числу оптических каналов (используемых длин волн – λ):

- четырёхканальная CWDM;

¹ Здесь и далее после номера рекомендации в скобках указан месяц и год ввода в действие последней версии рекомендации. Например, в данном случае 10/10 означает октябрь 2010 года.

- восьмиканальная CWDM;
- двенадцатиканальная CWDM;
- шестнадцатиканальная CWDM.

Производители, выпускающие аппаратуру CWDM, руководствуются требованиями данной рекомендации. Предлагается строить ТОЗ на базе наиболее простой четырехканальной системы CWDM. Обобщенная схема ТОЗ представлена на рисунке 5.

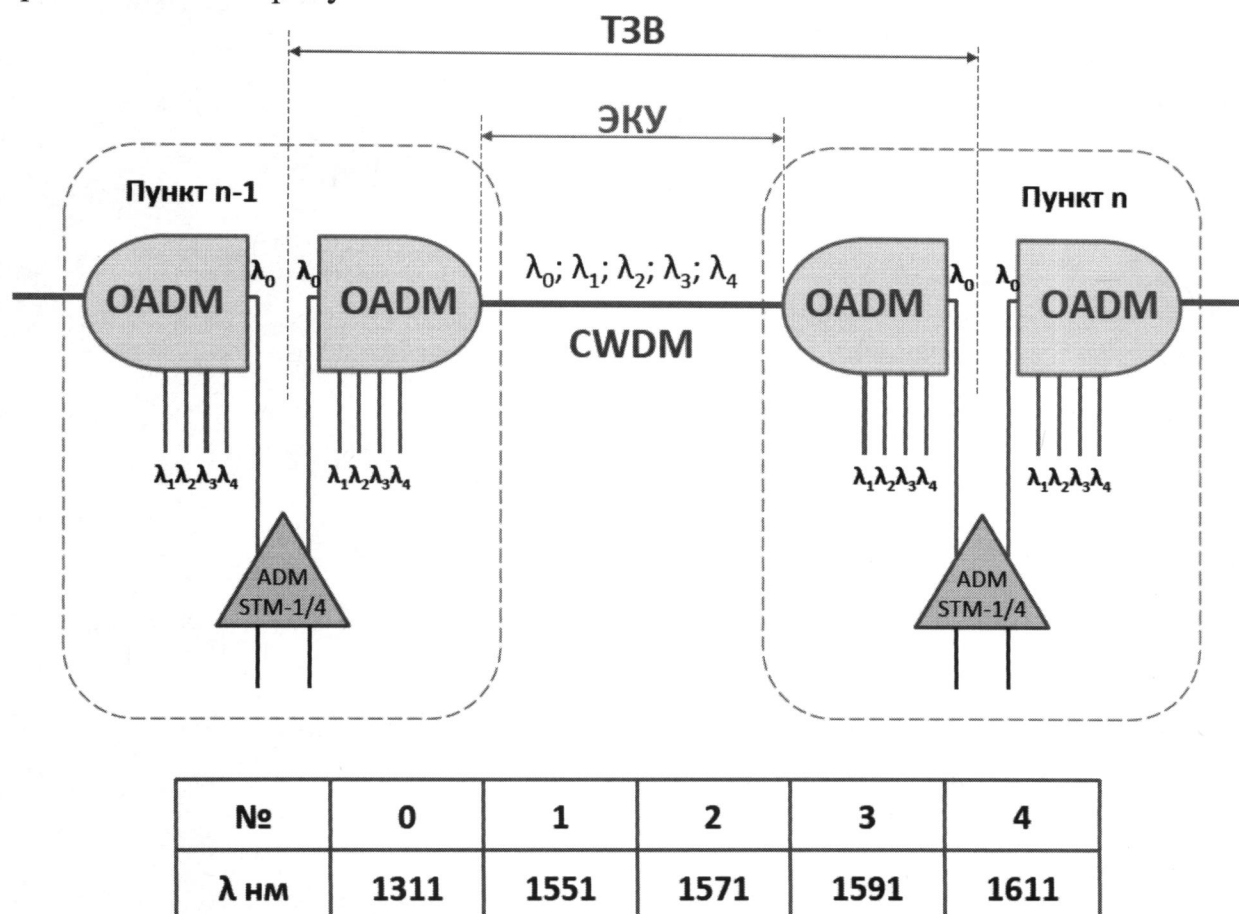


Рис. 5. Обобщенная схема типового звена

Для организации типового звена требуется одна пара оптических волокон (по одному волокну в каждом направлении передачи). Предлагается для ТОЗ, как уже указывалось выше, использовать пару волокон, на которой в настоящее время работают мультиплексоры SDH уровня STM-1.

В нижней части рисунка 5 указаны номинальные величины длин волн, на которых образуются оптические каналы. Шаг длин волн и их номинальные значения установлены рекомендацией МСЭ-T G.694.2 (12/03).

Анализ продукции фирм-поставщиков аппаратуры CWDM показал, что четырехканальная система CWDM может быть реализована на простых и относительно дешёвых оптических мультиплексорах ввода-вывода (Optical Add and Drop Multiplexors – OADM), имеющих очень малые габариты и не требующих электропитания.

Важной особенностью таких OADM является их почти полная прозрачность для длин волн, далёких от рабочего диапазона (т.е. в данном слу-

чае от 1551-1611 нм). Благодаря этому свойству, длина волны 1310 нм, на которой работают существующие мультиплексоры SDH уровня STM-1, проходит OADM напрямую, претерпевая при этом незначительное затухание.

На рисунке 5 этой длине волны присвоен нулевой номер (условное обозначение λ_0). Данное обстоятельство позволяет осуществлять развитие, не ломая действующие дорожные сети мультиплексоров STM-1 (STM-4). На рисунке эти мультиплексоры обозначены как ADM STM-1/4.

Максимальная расчётная протяжённость ТОЗ, построенных вышеуказанным образом, ограничивается восьмьюдесятью километрами. Реальные длины ТОЗ, как правило, много меньше.

6. Пропускная способность ТОЗ. Распределение трафика

Предложенное решение позволяет получить многократное увеличение пропускной способности относительно существующего положения даже при использовании относительно простых оптических приёмо-передатчиков (трансиверов) в аппаратуре, подключаемой к каналам системы CWDM.

По каждому из четырёх оптических каналов системы CWDM на начальном этапе модернизации предлагается работать со скоростью 2,5 Гбит/с (без использования транспондеров). В дальнейшем эта скорость может быть увеличена до 10 Гбит/с.

На рисунке 6 представлено предложение по первоначальному (первый этап модернизации сети) распределению трафика на примере цепочки типовых звеньев.

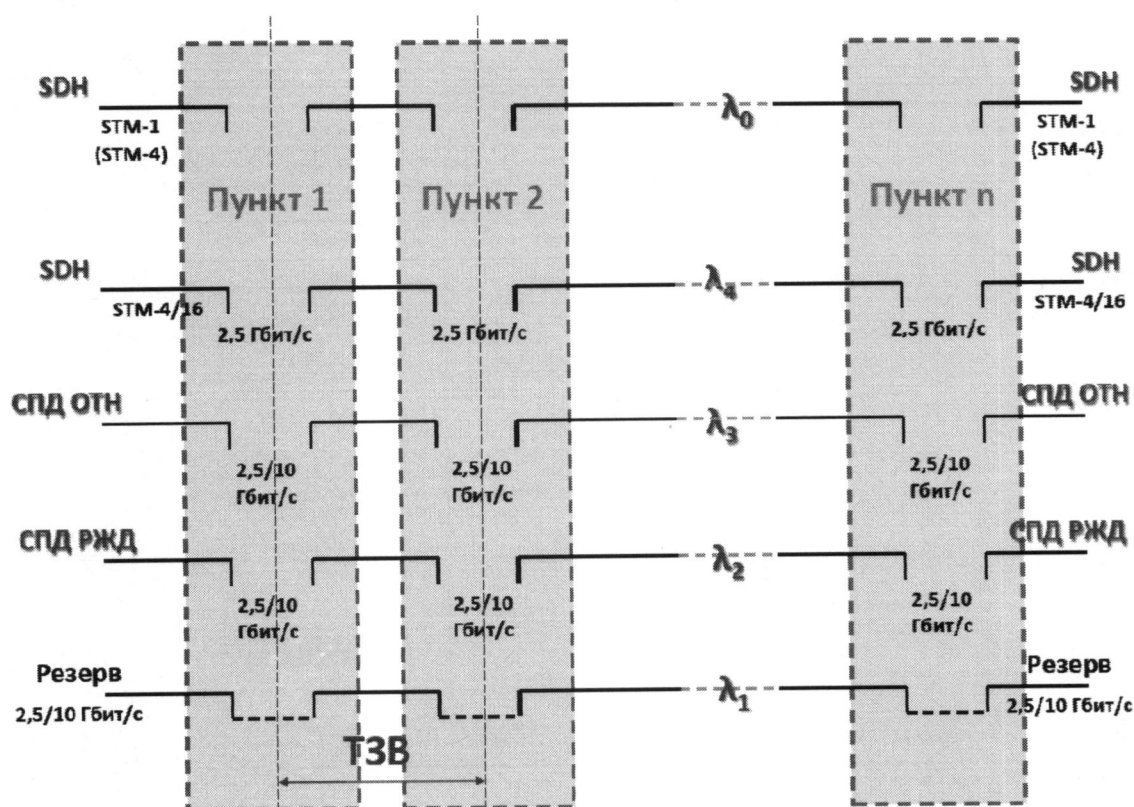


Рис. 6. Распределение трафика по каналам системы CWDM

Как уже указывалось, на длине волны 1310 нм продолжают работать существующие мультиплексоры SDH уровня STM-1 (STM-4).

Оптический канал с пропускной способностью 2,5 Гбит/с, образованный на λ_3 , отводится под пакетный трафик СПД ОТН, предназначенный для промежуточных пунктов (в основном для периферийных узлов – ПУ).

Под СПД ОТН подразумевается сеть передачи данных оперативно-технологического назначения, обслуживающая технологическую сеть связи. СПД ОТН включает в себя СПД ЕСМА и другие сети передачи данных Центральной станции связи.

Оптический канал с пропускной способностью 2,5 Гбит/с, образованный на λ_2 , отводится под пакетный трафик СПД РЖД, предназначенный для промежуточных пунктов. СПД РЖД – общекорпоративная сеть передачи данных, обслуживающая ОАО «РЖД».

Пропускная способность каналов на λ_2 и λ_3 даёт возможность передавать сигналы гигабитного Ethernet в конфигурации «шина» с обеспечением доступа на каждом промежуточном пункте.

Оптический канал, образованный на λ_4 , предлагается использовать для модернизации сети SDH. По этому каналу может работать новое поколение аппаратуры SDH – NG SDH уровня STM-4 или STM-16.

Наличие этого оптического канала открывает потенциальную возможность провести при необходимости (например, при истечении срока службы) безболезненную замену существующей аппаратуры STM-1, работающей на длине волны 1310 нм (λ_0).

Оптический канал, образованный на λ_1 , резервируется под дальнейшее развитие.

Использование четырёхканальной CWDM, позволяя получить на одной паре физических волокон четыре пары виртуальных, даёт возможность наряду с существующим трактом SDH уровня STM-1 (0,155 Гбит/с) иметь ещё четыре тракта с начальной пропускной способностью 2,5 Гбит/с. Таким образом, пропускная способность возрастёт дополнительно в 64 раза с возможностью дальнейшего увеличения.

Ожидается, что такое увеличение пропускной способности сети обеспечит интенсивно развивающиеся потребности ОАО «РЖД» в услугах связи не менее чем на шесть лет вперёд, даже если задаться ежегодным удвоением пропускной способности. При этом ещё остаются пути для дальнейшего развития.

Важно отметить и качественный эффект, заключающийся в разнесении трафика сетей различного назначения на уровне L1. Это обстоятельство даёт возможность независимого развития этих сетей и повысит уровень надёжности и безопасности.

7. Прямое оптическое соединение ТПУ-ТПУ как часть типовой оптической секции

7.1. Обоснование выбора технологии DWDM

Прямое оптическое соединение ТПУ-ТПУ создаётся на базе технологии DWDM. Выбор между технологиями CWDM и DWDM для данного применения определяется следующими соображениями:

- а) Прямое оптическое соединение ТПУ-ТПУ может иметь в ряде случаев большую протяжённость. Аппаратура DWDM имеет средства для прохождения участков волокна длиной до 300 км.
- б) Аппаратура DWDM позволяет с помощью установки транспондеров увеличить при необходимости пропускную способность каждого оптического канала с начальной величины 2,5 Гбит/с вплоть до 40 Гбит/с.
- в) Аппаратура DWDM позволяет с помощью последовательной установки двух транспондеров при необходимости осуществлять непосредственную регенерацию оптического сигнала (без преобразования в электронный формат). Такая возможность снимает ограничения на протяжённость непрерывных оптических сегментов сети.
- г) Минимальная номинальная канальность промышленных систем DWDM (16 оптических каналов) совпадает максимальной канальностью промышленных систем CWDM. Хотя шестнадцать каналов с учётом резервирования и развития представляется по сегодняшним оценкам вполне достаточным для прямого оптического соединения ТПУ-ТПУ, то в случае использования аппаратуры CWDM 16 каналов является предельной цифрой и, тем самым, жёстким ограничением.

7.2. Основные принципы построения прямых соединений ТПУ-ТПУ

Как уже указывалось, для организации прямых соединений ТПУ-ТПУ требуется свободная пара волокон. Использование технологии DWDM позволит сформировать на этом участке определённое количество оптических каналов. Анализ рынка показал, что аппаратурой DWDM с минимальным количеством каналов является 16-канальная аппаратура с шагом длин волн 100 ГГц. Такая аппаратура удовлетворяет критерию «пропускная способность/стоимость» и выбирается для организации прямых соединений ТПУ-ТПУ (Рис. 7).

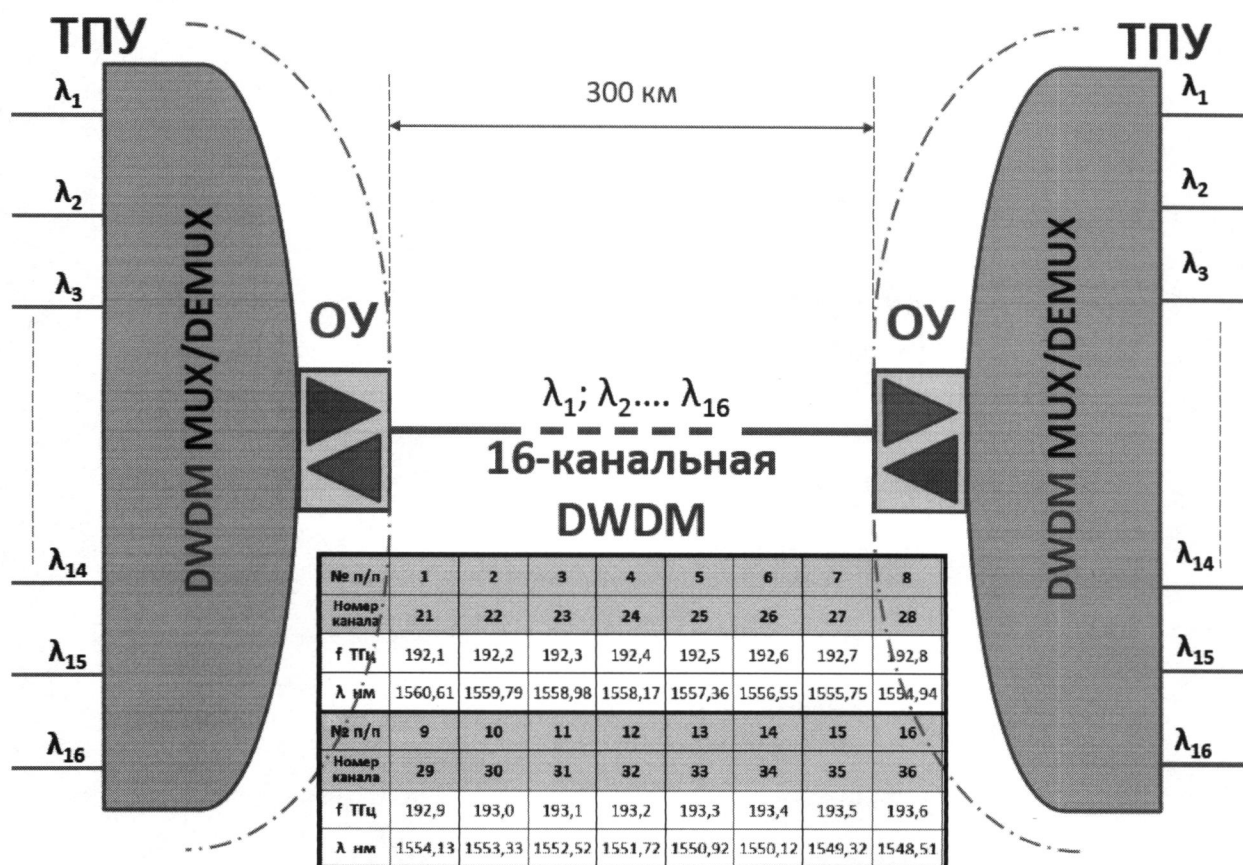


Рис. 7. Схема организации прямых соединений ТПУ-ТПУ в ТС

В нижней части рисунка 7 указаны номинальные величины центральных частот и соответствующих длин волн, на которых образуются оптические каналы. Шаг частот и их номинальные значения установлены рекомендацией МСЭ-Т G.694.1 (02/12).

На линейных (агрегатных) выходах и входах аппаратуры DWDM могут быть установлены оптические усилители (соответственно, бустер и предусилитель). В этом случае максимальная длина ТС может достигать величины порядка 300 км. При реализации больших длин необходимо использовать промежуточный линейный усилитель (промежуточные линейные усилители).

Использование 16-канальной DWDM, позволяя получить на одной паре физических волокон 16 пар виртуальных, многократно увеличивает пропускную способность на участке ТПУ-ТПУ. В настоящее время связь ТПУ-ТПУ осуществляется за счёт аренды тракта SDH уровня STM-16 (2,448 Гбит/с) у ЗАО «Компания ТрансТелеКом».

Предложенное решение позволит решить на много лет вперёд проблему интенсивного роста трафика на этом участке сети.

На начальном этапе модернизации не планируется использование транспондеров. Генерацию длин волн, с необходимой для DWDM точностью, обеспечат «цветные» линейные интерфейсы передатчиков аппаратуры, подключаемой к оптическим каналам. При этом может быть обеспечена скорость передачи 2,5 Гбит/с.

На последующих этапах возможна установка транспондеров с обеспечением пропускной способности 10 и даже 40 Гбит/с. Таким образом, эквивалентная пропускная способность ТС может быть доведена до 640 Гбит/с, т.е. увеличена относительно существующей ситуации в 256 раз.

Так же как и при формировании ТЗВ, в прямых соединениях ТПУ-ТПУ будет достигнут эффект разнесения трафика сетей различного назначения на уровне L1. Это обстоятельство даёт возможность независимого развития сетей и повысит уровень надёжности и безопасности.

8. Пропускная способность прямого оптического соединения ТПУ-ТПУ. Распределение трафика

Применение технологии DWDM на прямом оптическом соединении ТПУ-ТПУ создаст на одной паре свободных ОВ шестнадцать широкополосных оптических каналов в каждом направлении передачи.

На рисунке 8 представлено предложение по первоначальному (первый этап модернизации сети) распределению трафика по каналам DWDM.

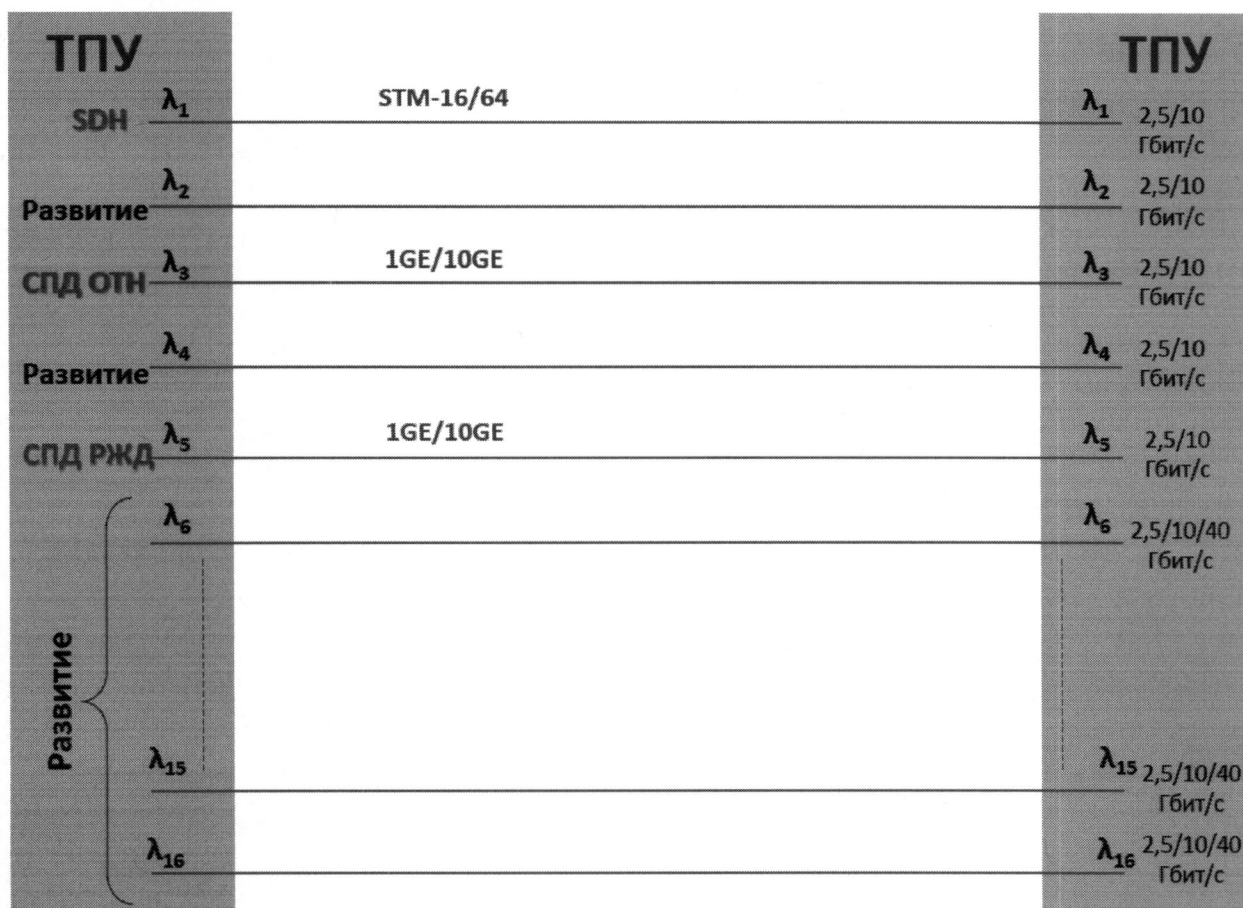


Рис. 8. Распределение трафика по каналам DWDM

Прямой оптический канал, образованный на λ_1 , отводится под трафик SDH уровня STM-16 (2,5 Гбит/с), который ранее передавался по арендованному каналу.

Прямые оптические каналы, образованные на λ_3 и λ_5 , отводятся под пакетный трафик СПД ОТН и СПД РЖД соответственно. Пропускная способ-

ность этих каналов даёт возможность передавать сигналы гигабитного (GE) или десятигигабитного (10GE) Ethernet.

Остальные 13 каналов резервируются под дальнейшее развитие, что потенциально обеспечит потребности ОАО "РЖД" на много лет вперёд.

9. Типовая секция SDH

Типовая секция SDH (ТССин) состоит из прямого соединения SDH ТПУ-ТПУ и из цепочки типовых звеньев SDH (ТЗС), как показано на рисунке 9.

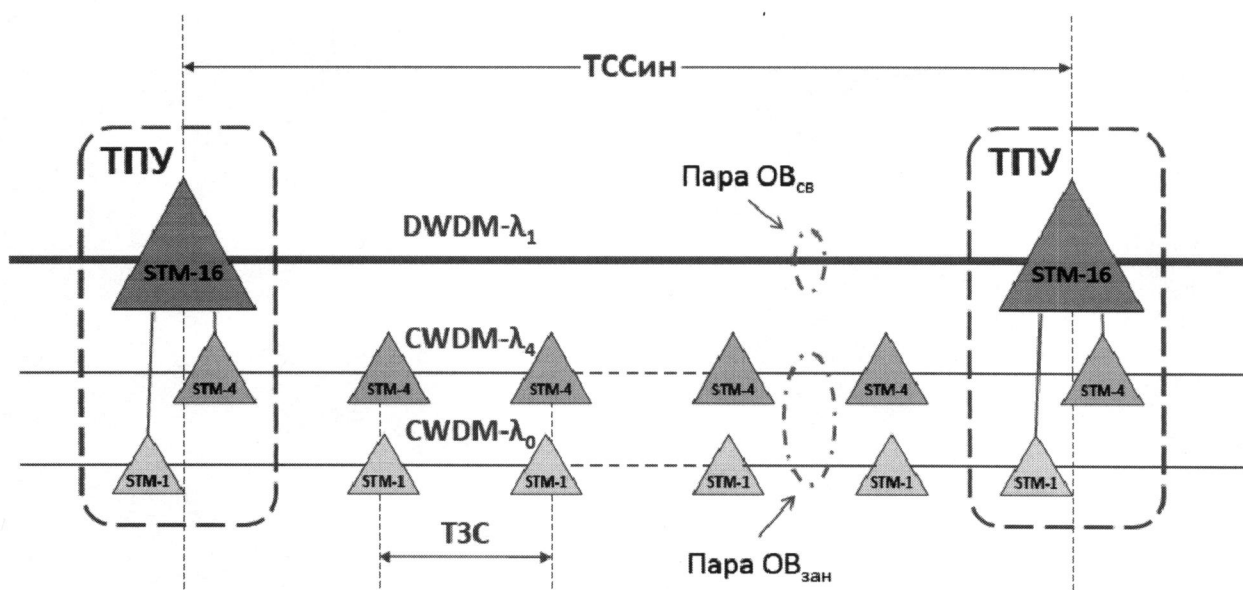


Рис 9. Типовая секция SDH (ТССин)

Прямое соединение SDH ТПУ-ТПУ организуется поверх одного из каналов DWDM (на длине волны λ_1) первоначально на уровне STM-16. Как указывалось выше, аппаратура DWDM устанавливается на одной паре свободных ОВ. На рисунке 9 эта пара ОВ обозначена как ОВ_{св}.

Аппаратура CWDM устанавливается на паре ОВ, по которым в настоящее время работают мультиплексоры SDH уровня STM-1. На рисунке 8 эта пара ОВ обозначена как ОВ_{зан}.

ТЗС организуются поверх одного из каналов CWDM (на длине волны λ_4) первоначально на уровне STM-4 и с сохранением существующей цепочки мультиплексоров STM-1, работающих на длине волны 1310 нм (λ_0).

Как видно из рисунка 9, в совокупности ТССин образует плоское кольцо или объёмное (если ОВ_{св} и ОВ_{зан} находятся в разных кабелях).

10. Типовая пакетная секция

На рисунке 10 показана структура типовой пакетной секции (ТПС). На базе ТПС организуются СПД РЖД и СПД ОТН. Эти сети передачи данных подобны друг другу.

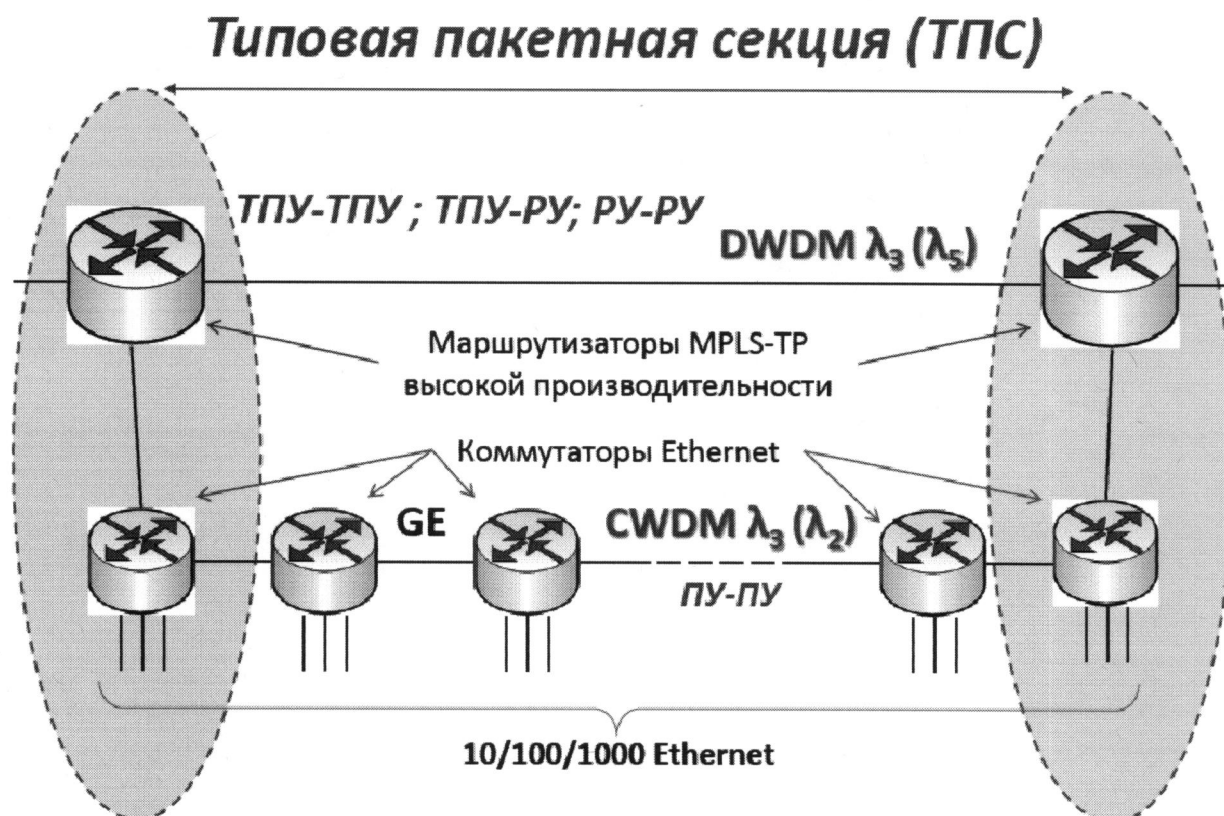


Рис. 10. Структура типовой пакетной секции (ТПС СПД ОТН или ТПС СПД РЖД)

В ТПУ по концам ТПС устанавливаются маршрутизаторы MPLS с повышенной функциональностью. На каждом ПУ в цепочке типовых пакетных звеньев ТПЗ между ТПУ устанавливаются коммутаторы Ethernet, осуществляющие переключения на уровне L2. Маршрутизаторы, расположенные в ТПУ, соединены напрямую по каналу, образованному с помощью DWDM на λ_3 или λ_5 . Таким образом, в совокупности ТПС образует кольцо (плоское или объёмное в зависимости от того, находятся ли $ОВ_{св}$ и $ОВ_{зан}$ в одном или разных кабелях).

Как видно из рисунков 8 и 6, для нужд СПД ОТН и СПД РЖД предоставляются прозрачные прямые каналы, образованные с помощью DWDM на λ_3 (λ_5), и каналы, образованные с помощью CWDM на λ_3 (λ_2) с возможностью доступа в промежуточных пунктах (ПУ).

В конкретных обстоятельствах оснащение пунктов аппаратурой должно осуществляться средствами СПД в соответствии с потребностями и возможностями этих сетей. В этой связи схему на рисунке 10 следует рассматривать как возможный обобщённый пример.

11. Развитие сетей передачи данных

Главным принципом развития сетей передачи данных (СПД) является использование в качестве базовой технологии пакетной технологии IP/MPLS.

На основе этой технологии организуются две сети передачи данных СПД РЖД и СПД ОТН. Архитектура этих сетей во многом схожа. Сети должны обеспечивать обмен информацией между объектами разного иерар-

хического уровня с превалирующим тяготением от периферии к центру и от объектов низшего уровня иерархии к объектам более высокого уровня. Однако для обеспечения требуемой надёжности топология этих сетей должна строиться с формированием разного рода кольцевых структур (объёмных и плоских колец).

Объекты сетей СПД образуют следующий иерархический ряд:

- Центры обработки данных (ЦОД) – 3 (в том числе ГВЦ, расположенный в Москве);
- Региональные узлы (РУ) – 17 (по числу дорог);
- Транспортные периферийные узлы (ТПУ);
- Периферийные узлы (ПУ);

Связи ЦОД-ЦОД и ЦОД-РУ организуются в настоящее время по высокоскоростным линиям Магистральной цифровой сети связи (МЦСС) по принципу «Ethernet поверх SDH (Ethernet over SDH – EoS)» и в рамках настоящей Концепции не рассматриваются. Обобщённый пример архитектуры СПД представлен на рисунке 11.

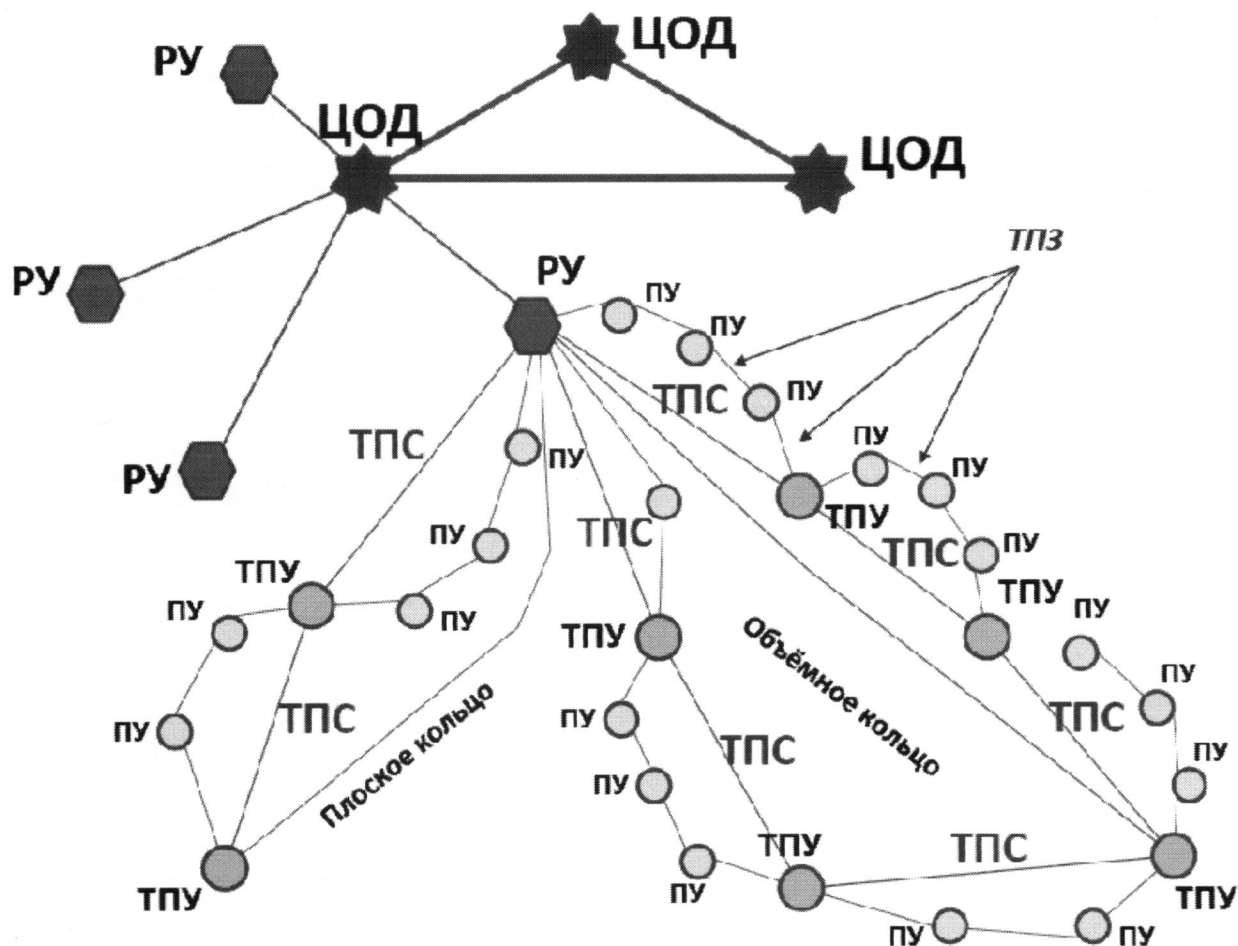


Рис. 11. Обобщённый пример архитектуры СПД

Сетевые фрагменты между смежными ТПУ на рисунке 11 соответствуют типовым пакетным секциям (ТПС). Цепочки ПУ между смежными ТПУ представляют собой цепочки типовых пакетных звеньев (ТПЗ).

Маршрутизаторы сетей СПД (функционирующие на уровне L3) должны поддерживать функцию «трафик-инжиниринга», что позволит перераспределять нагрузку между различными каналами и маршрутизаторами и обеспечит возможность выбора альтернативных маршрутов.

Для сетей СПД следует использовать оборудование с современной версией технологии MPLS – MPLS транспортного профиля, или MPLS-TP.

В настоящее время действуют шесть рекомендаций МСЭ-Т, регламентирующих MPLS-TP, и семь стандартов IETF (ещё опубликовано восемь проектов таких стандартов).

В технологии MPLS-TP должны быть предусмотрены возможности:

- установления двустороннего сквозного пути коммутации по меткам;
- применения механизмов на основе OAM для мониторинга и резервирования;
- линейного переключения на резерв и других видов автоматической реконфигурации сети менее чем за 50 мс;
- переключения на резерв в кольцевой конфигурации.

MPLS-TP является транспортной технологией, ориентированной на соединение (Connection-Oriented Packet-Switching – CO-PS). В ней исключены функции, несовместимые с CO-PS, и добавлены механизмы, обеспечивающие поддержку наиболее важных транспортных функциональных возможностей.

Модернизация СПД ОTH обеспечит базу для развития сетей ЕСМА, СПВКС, СТВКС, а также ряда других.

Каждая сеть будет иметь свою уникальную VRF (Virtual Routing and Forwarding), что позволит выделить для каждого сервиса свою таблицу маршрутизации, которая будет находиться внутри VRF и не будет пересекаться с таблицами маршрутизации других сервисов.

Топология сети оптических каналов обеспечит резервирование СПД на основе динамической маршрутизации, т.е. при нормальной работе сети всегда будут доступны несколько маршрутов от точки «А» до точки «В», доступ при этом будет предоставляться на основе алгоритма выбора лучшего маршрута в динамической маршрутизации.

В пакетных сетях особую важность приобретает решение проблемы безопасности. В модернизированных СПД безопасность будет обеспечиваться на должном уровне путем принятия следующих мер:

- Организация защиты списками ACL по всем интерфейсам оборудования. ACL (Access Control List – список контроля доступа), определяет субъекты, которым разрешён доступ к конкретному объекту, и какие именно операции разрешено или запрещено этому субъекту проводить над объектом.
- Применение статической маршрутизации между СПД и оборудованием сервисов.

- Применение аутентификации MD5 (Message Digest 5) на участках использования динамической маршрутизации, что обеспечивает проверку подлинности сообщений. Аутентификация MD5 в соответствии со стандартом RFC 1321 представляет собой 128-битный алгоритм хеширования.
- Максимизация числа маршрутов для VRF.

12. Организация резервирования

Предложенные в настоящей Концепции принципы модернизации сети позволяют реализовать многоуровневую систему резервирования (таблица 4).

Таблица 4. Роль модернизации при формировании многоуровневой системы резервирования

Наименование уровня	Тип резервирования	Обеспечение	Роль модернизации
Аппаратный	Замена блоков. Холодный резерв	Наличие ЗИП	Умеренная. Внедрение современной аппаратуры
	Переключение блоков. Горячий резерв	Свойство аппаратуры	
	Параллельная работа (дублирование)	Свойство аппаратуры	
Системный	Линейное резервирование. Переключение трактов 1+1	Свойство системы. Наличие резервного тракта	Существенная. Образование виртуальных волокон
	Линейное резервирование. Переключение трактов 1:1 и N:1	Свойство системы. Наличие резервного тракта	
	Кольцевое резервирование. Переключение трактов в рамках одной системы	Свойство системы. Плоское кольцо	
Сетевой	Кольцевое резервирование. Переключение трактов между системами в рамках одной типовой секции	Структура типовой секции	Полная.
	Кольцевое резервирование. Переключение трактов между типовыми секциями	Топология сети	Существенная. Образование виртуальных волокон

Главным эффектом, позволяющим существенно повысить живучесть и надёжность сети, является значительное расширение канального ресурса сети как в чисто количественном плане (возможность выделения канального резерва), так и в потенциально высокой пропускной способности оптических каналов WDM.

Другим фактором, позволяющим усовершенствовать систему резервирования сети относительно существующего положения, является высокая функциональность нового поколения аппаратуры, которая будет внедряться в процессе реализации Концепции.

13. Заключение. Основные результаты и перспективы

Техническая модернизация должна охватить все уровни технологической сети электросвязи ОАО «РЖД»:

- транспортную (первичную) сеть;
- сеть оперативно-технологической связи (ОТС);
- сеть общетехнологической связи (ОбТС);
- сеть передачи данных оперативно-технологического назначения (СПД ОТН);
- общекорпоративную сеть передачи данных, обслуживающую ОАО «РЖД»;
- сеть телеграфной связи;
- систему видеоконференцсвязи;
- систему биллинга;
- системы автоинформирования и автообзвона;
- другие системы на основе технологии IP.

Техническая модернизация должна производиться путём внедрения перспективного оборудования, использующего передовые технологии, и вывода из эксплуатации морально и физически устаревшего оборудования.

Настоящая Концепция посвящена развитию транспортной (первичной) сети связи, т.к. именно первичная сеть во многом определяет возможности развития сетей, работающих на её базе. Основой Концепции являются типовые технические решения, применимые как на магистральной, так и на дорожных сетях. Типовой характер решений определяет их некоторую абстрактность. Детализация конкретных решений должна осуществляться при проектировании с учётом специфики местных условий и возможностей.

Решения, предложенные в Концепции, полностью отвечают требованиям по обеспечению возможности поэтапного развития, изложенным во введении.

Качественно новый уровень первичной сети будет достигнут за счёт повсеместного применения технологии мультиплексирования с разделением по длинам волн (WDM) в качестве типового средства формирования оптической транспортной платформы. Применение этой технологии направлено на многократное увеличение пропускной способности волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) с возможностью дальнейшего наращивания в перспективе, что открывает возможность развития и модернизации других сетей на много лет вперёд.

Помимо обеспечения роста пропускной способности, другим важным эффектом является индифферентность технологий WDM к форматам и про-

токолам сигналов, передаваемых по оптическим каналам, что объясняется их прозрачностью. Это свойство позволяет, в общем, не выдвигать каких-либо особых требований к потребителям оптических каналов систем WDM.

Типы стандартных интерфейсов на аппаратурных стыках должны определяться при проектировании.

Формирование оптической транспортной платформы служит предпосылкой коренной модернизации существующей сети синхронной цифровой иерархии за счет внедрения современной аппаратуры нового поколения – NG SDH.

Аппаратура нового поколения NG SDH имеет расширенную функциональность и может транслировать сигналы пакетного формата. Внедрение этой аппаратуры позволит более эффективно осуществить цифровизацию вторичных сетей.

Аппаратура NG SDH STM-4 позволит организовать в составе синхронного транспортного модуля четвертого порядка (622 Мбит/с) передачу сигналов STM-1, E1, Fast Ethernet (FE).

Аппаратура NG SDH STM-16 позволит организовать в составе синхронного транспортного модуля шестнадцатого порядка (2488 Мбит/с) передачу сигналов STM-4, STM-1, E1, Gigabit Ethernet (GE).

Внедрение современной аппаратуры CWDM/DWDM и NG SDH позволит использовать для них единую систему управления.

Наличие достаточного количества новых оптических каналов с пропускной способностью 2,5/10 Гбит/с, образованных системами CWDM и DWDM, даёт возможность построения на их основе высокопроизводительных пакетных сетей. Высокая пропускная способность оптических каналов позволяет передавать сигналы гигабитного Ethernet (GE) в конфигурации "шина" с обеспечением доступа на каждом промежуточном пункте, а также сигналы десяти гигабитного Ethernet (10GE). Кроме передачи Ethernet непосредственно по оптическим каналам, возможна передача таких сигналов поверх SDH (Ethernet-over-SDH – E-o-S). В аппаратуре NG SDH может быть организована передача сигналов FE и GE (в STM-4 и STM-16 соответственно).

На пакетной основе должны быть построены мультисервисные сети. В качестве базовой технологии таких сетей должна быть использована перспективная технология IP/MPLS-TP.

На малых телекоммуникационных узлах ЦСС устанавливаются коммутаторы Ethernet (уровень L2), на крупных телекоммуникационных узлах – маршрутизаторы MPLS-TP (уровень L3).

Как уже указывалось, развитие первичной сети открывает новые возможности для модернизации других сетей и систем.

Наличие высокопроизводительной мультисервисной сети IP/MPLS-TP обеспечивает возможность постепенной поэтапной модернизации сети оперативно-технологической связи (ОТС). Существующая сеть ОТС построена на технологии TDM (временное разделение каналов) и представляет собой совокупность фиксированных структур и соединений.

Переход на использование технологии IP позволит отказаться в большинстве случаев от фиксированных соединений, что упростит конфигурирование и избавит от необходимости производить многоплановые переключения при любом изменении конфигурации.

ОТС на базе технологии IP (ОТС-IP) будет обладать высокой гибкостью, эффективным использованием резервных ресурсов. С помощью шлюзов будет осуществляться сопряжение ОТС-IP с существующей ОТС-TDM, что обеспечит плавность модернизации.

Модернизация сети общетехнологической связи (ОбТС), которая представляет собой сеть телефонной связи, заключается в завершении её цифровизации и внедрении на отдельных сегментах сети принципов IP-телефонии.

Замена морально устаревших аналоговых коммутационных систем на современные цифровые существенно облегчит эксплуатацию, повысит надёжность, значительно расширит номенклатуру услуг.

Цифровизация и значительное увеличение пропускной способности соединительных и абонентских линий будут осуществлены за счёт применения технологий xDSL.

Сеть передачи данных оперативно-технологического назначения (СПД ОТН) включает в себя СПД ЕСМА и другие сети передачи данных Центральной станции связи.

Существующая СПД ОТН базируется на каналах Е1 с пропускной способностью 2048 кбит/с.

Малая пропускная способность этих каналов, которые изначально не рассчитывались на передачу пакетного трафика, их относительно небольшое количество (источник – малоканальные системы PDH и системы SDH нижних иерархических уровней) ограничивают возможности СПД.

Модернизируемая СПД ОТН, работающая на технологии IP/MPLS-TP с использованием в качестве среды передачи прозрачных оптических каналов первичной сети (пропускная способность 2,5/10 Гбит/с), имеет намного более широкие возможности и перспективы дальнейшего развития.

Маршрутизаторы СПД ОТН способны поддерживать функцию «трафик-инжиниринга», что позволяет перераспределять нагрузку между различными каналами и маршрутизаторами и обеспечивает возможность выбора альтернативных маршрутов.

Модернизированная СПД ОТН обеспечит высокоскоростные резервированные соединения «региональный узел – транзитный периферийный узел» и «транзитный периферийный узел – транзитный периферийный узел», а также среднескоростные резервированные соединения в цепочках периферийных узлов между транзитными периферийными узлами.

Модернизация первичной сети создаёт предпосылки коренного преобразования самого старого вида связи на железных дорогах. Цифровизация и "пакетизация" первичной сети, системы широкополосного доступа в Интернет позволяют перевести телеграфную связь на полностью электронную основу. Отказ от электронно-механических телеграфных терминалов, требую-

щих постоянного ухода, и переход на универсальные пользовательские терминалы на базе компьютерной техники значительно расширяет функциональные возможности телеграфной связи (так называемый WEB-телеграф) и существенно упрощает эксплуатацию.

Наличие высокопроизводительной пакетной сети IP/MPLS-TP позволяет модернизировать систему видеоконференцсвязи с переводом её на новую качественную категорию. При этом появились следующие возможности:

- организация видеоконференцсвязи на основе технологии IP VPN MPLS, которая в настоящее время является одной из самых надежных и экономически эффективных;
- применение видеоконференцсвязи высокой чёткости, т.е. переход от стандартного видеоразрешения 4CIF (704×576) к разрешению HD (1280×720). Такой переход становится возможным при пропускной способности канала выше 512 кбит/с;
- возможность организации видеоконференцсвязи по принципу телеприсутствия (TelePresence), что требует использования нескольких аппаратных вычислительных блоков терминала видеоконференцсвязи.

Внедрение современных коммутационных систем, в свою очередь, позволяет модернизировать биллинговые системы и осуществить широкое развёртывание систем автоинформирования и автообзвона.

Модернизация биллинговых систем должна охватить все их основные блоки: расчётные операции, информационное обслуживание, финансовое обслуживание. Модернизация позволит реализовать:

- поминутную тарификацию услуг;
- получение с коммутаторов детальной информации о звонках;
- эффективную обработку данных с коммутационного оборудования о потреблении трафика;
- поддержку операционной информации об абонентах, о продуктах и услугах, включая их тарифы, ограничения, возможные комбинации.

Внедрение систем автоинформирования и автообзвона позволяет улучшить работу контакт-центров.

Автоинформирование предоставляет звонящему абоненту необходимую информацию в автоматическом режиме и позволяет создавать многоуровневое голосовое меню.

Автообзвон – это система управления исходящими телефонными звонками. С помощью автообзвона можно выполнять автоматический обзвон клиентов (абонентов).

Системы автоинформирования и автообзвона обеспечивают снижение нагрузки на операторов, которые проводят первичную обработку телефонных вызовов.

Выводы:

1. Настоящая Концепция является руководящим документом ЦСС, определяющим общие принципы развития первичной сети связи ОАО "РЖД" до 2015 г.
2. Настоящая Концепция должна использоваться сотрудниками органа управления ЦСС и дирекций связи при формировании планов развития сети, составлении технических заданий на проектирование, проведении экспертизы проектов, разработке последующих нормативных, технических и технологических документов, связанных с вопросами развития сети.
3. Настоящая Концепция может корректироваться в установленном порядке в результате полученного опыта внедрения или появления новых требований ОАО "РЖД" к сети технологической связи.