

Л.В. Козиенко<sup>1</sup>, Д.Ю. Сазонов<sup>1</sup>, В.В. Ушаков<sup>1</sup>, И.Н. Чернов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

## МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ЛАБОРАТОРИИ КАФЕДРЫ АТС ИРГУПС

**Аннотация.** Для качественной подготовки специалистов необходимо наличие комплексной системы связи, построенной по аналогии с существующей или перспективной инфраструктурой, развернутой ЦСС для нужд ОАО «РЖД». В работе рассматривается модернизация сети передачи данных, развернутой в лаборатории кафедры «АТС» ИрГУПС. В ходе модернизации проложена новая волоконно-оптическая линия связи, сетевая кабельная инфраструктура, а также установлено новое оборудование передачи данных. Данный комплекс позволит молодым специалистам еще в процессе обучения в университете приобрести практические навыки и умения, необходимые на производстве, что в свою очередь, снизит затраты работодателей ОАО «РЖД» на дополнительное обучение и адаптацию выпускников на рабочих местах.

**Ключевые слова:** сети передачи данных, DWDM, CWDM, ВОЛС, сетевой коммутатор, маршрутизатор.

L.V. Kozienko<sup>1</sup>, D.Y. Sazonov<sup>1</sup>, V.V. Ushakov<sup>1</sup>, I.N. Chernov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

## NETWORK MODERNIZATION FOR THE ISTU ATC DEPARTMENT LAB

**Abstract.** For the high-quality training of specialists, an integrated communication system is required, built by analogy with the existing or future infrastructure, deployed by the centralized communication center for the needs of Russian Railways. This paper discusses the modernization of the data network deployed in the laboratory of the Department of Automation, Telemechanic and Communication (ATC), ISTU. In the course of the modernization, a new fiber-optic communication line, network cable infrastructure, and new data transmission equipment were installed. This infrastructure will allow young specialists to acquire practical skills and abilities needed in the production process at the university, which, in turn, will reduce the costs of employers of Russian Railways for additional training and adaptation of graduates in the workplace.

**Key words:** data transmission network, DWDM, CWDM, FOCL, network switch, router.

В настоящее время сети передачи данных являются неотъемлемой частью телекоммуникационной инфраструктуры компании ОАО «РЖД». По каналам PDH/SDH и Ethernet организуется телефонная и видеоконференцсвязь, связь селекторных совещаний, работают система мониторинга и администрирования и автоматизированные системы структурных подразделений железнодорожного транспорта, что отражается как на повышении безопасности, так и на эффективности управления грузовыми и пассажирскими перевозками.

В соответствии с концепцией перспективного развития сетей связи ЦСС филиала ОАО «РЖД» [1], дорожная телекоммуникационная инфраструктура строится по трехуровневой системе (рис.1), включающей в себя:

- транспортный уровень;
- уровень агрегации;
- уровень доступа.

На транспортном уровне крупные и узловые станции соединяются между собой оптоволоконными линиями связи с использованием технологии плотного спектрального уплотнения DWDM. Это позволяет передавать данные со скоростями до 10 Гбит/с (и выше) на каждой из 16 длин волн на расстояния до 300 км. Транспортный уровень находится на самом верху иерархии и отвечает за передачу больших объемов данных и маршрутизацию трафика железной дороги в целом.

На уровне агрегации все железнодорожные станции соединены между собой с применением технологии грубого спектрального уплотнения CWDM. По 4 длинам волн со скоростями 2,5–10 Гбит/с передаются данные дорожного уровня. Этот уровень является связующим звеном между уровнями доступа и транспортным уровнем. В зависимости от способа реализации уровень агрегации выполняет функции обеспечения маршрутизации и мультиплексирования каналов.

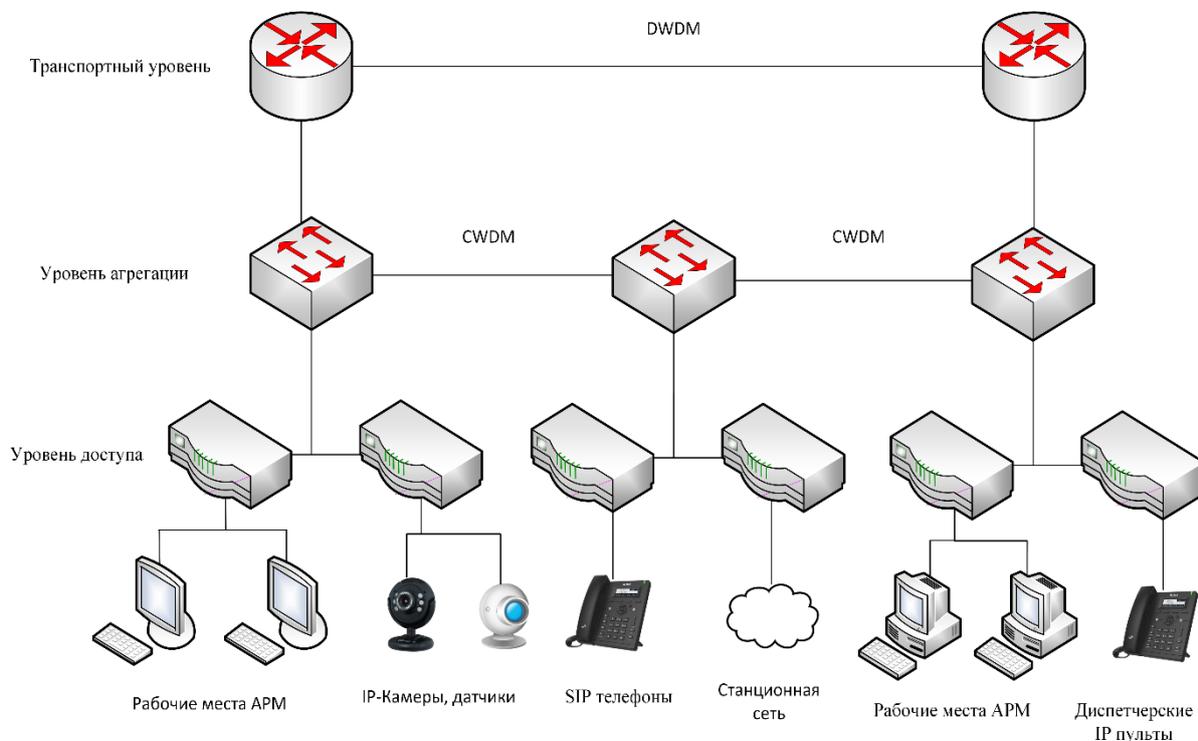


Рис. 1. Структурная схема типовой секции СПД РЖД

Уровень доступа, обеспечивающий стационарный уровень связи, отвечает за подключение пользователей и рабочих групп к ресурсам объединенной сети. Основной задачей уровня доступа является создание точек входа/выхода пользователей в сеть. На этом уровне подключаются различные абоненты, например: рабочие места АРМ, диспетчерские пульта и SIP-телефоны, локальные сети и т.д.

Связевое оборудование в учебной лаборатории кафедры «АТС» было установлено еще в 2001-2002 гг. В лаборатории организовано магистральное кольцо уровня STM-1 на основе SDH мультиплексоров CMM-155 и CMM-11, кольцо уровня E3 на базе PDH мультиплексоров ТЛС-31, ВТК-12, а также развернута сеть оперативно-технологической связи (ОТС) на коммутационной станции СК-300Д. Позже, в качестве элемента сети общетехнологической связи ОбТС, была установлена коммутационная станция СМК-30 «Альфа». В 2011 г. силами кафедры проведена модернизация лаборатории связи с переводом сети PDH на 4-х канальную систему CWDM со скоростью 1,25 Гбит/с, еще до того, как данная технология нашла свое применение в сетях связи ОАО «РЖД». Тогда же были установлены отечественные мультисервисные мультиплексоры E1/Gigabit Ethernet и IP-АТС «Агат».

В 2016-2017 гг. в рамках дипломного проектирования была развернута локальная IP сеть 1 Гбит/с на базе оборудования производства компаний D-Link, Cisco и Mikrotik. В составе сети имеются маршрутизаторы, управляемые коммутаторы и беспроводной маршрутизатор/точка доступа Wi-Fi диапазона 2,4/5 ГГц.

С 2019 г. в лаборатории «Системы передачи информации» проводится модернизация сети передачи данных в соответствии с концепцией построения сети связи ЦСС ОАО «РЖД». Модернизация сети состоит из двух этапов и включает в себя: 1) модернизацию кабельной инфраструктуры и 2) установку дополнительного оборудования.

Кабельная инфраструктура сети состоит из магистральной волоконно-оптической линии связи и медножильных окончаний.

Волоконно-оптическая линия (рис.2) включает в себя 4 оптических кросса: три стоечных кросса типа ШКОС-32, которые находятся в телекоммуникационных 19” шкафах и один настенный кросс типа ШКОН. Каждый из трех 19” шкафов содержит комплект активного и пассивного оборудования для условных станций А, В и С. На каждой станции установлен пассивный CWDM мультиплексор, к которому подключаются стационарные абоненты через коммутаторы доступа Access Switch. Станции А и В являются оконечными (терминальными), а станция С – промежуточная с CWDM OADM мультиплексором ввода/вывода.

Между собой станции соединяются при помощи волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), состоящей из оптических кроссов и катушек одномодового оптического волокна Corning SMF-28 -D NZDS G.655 длиной 25 км. Подключая дополнительные катушки с оптоволокном можно увеличивать расстояние между станциями А, В и С до 100 км, что соответствует существующим усилительным участкам на железной дороге. Использование реального оптического волокна вместо эквивалентной линии, построенной на базе аттенуаторов и муфт, позволяет не только определять затухание, возникающее в реальных ВОЛС, но и проводить рефлектометрические измерения. Подключая катушки с различным типом волокна можно изменять характер отражений трассы, исследовать сварные и механические соединения, различные неоднородности, трещины и иные события, влияющие на уровень полезного сигнала [2].

Для одновременной передачи нескольких информационных потоков по одному оптическому волокну используется технология CWDM. По этой технологии через пассивные оптические мультиплексоры соединяются коммутаторы уровня агрегации, к которым в свою очередь, подключаются коммутаторы доступа. Мультиплексор CWDM служит для объединения и разделения потоков данных на уровне агрегации и позволяет значительно уменьшить количество используемых оптических волокон. Подключение оптических сплиттеров с коэффициентом деления 95/5 на выходе станционных кроссов, позволяет оценивать уровень оптического сигнала в линии не прерывая работу оборудования. Применение дополнительных катушек с оптоволокном дает возможность исследовать зависимость коэффициента ошибок в зависимости от уровня затухания и накопленной в линии дисперсии.

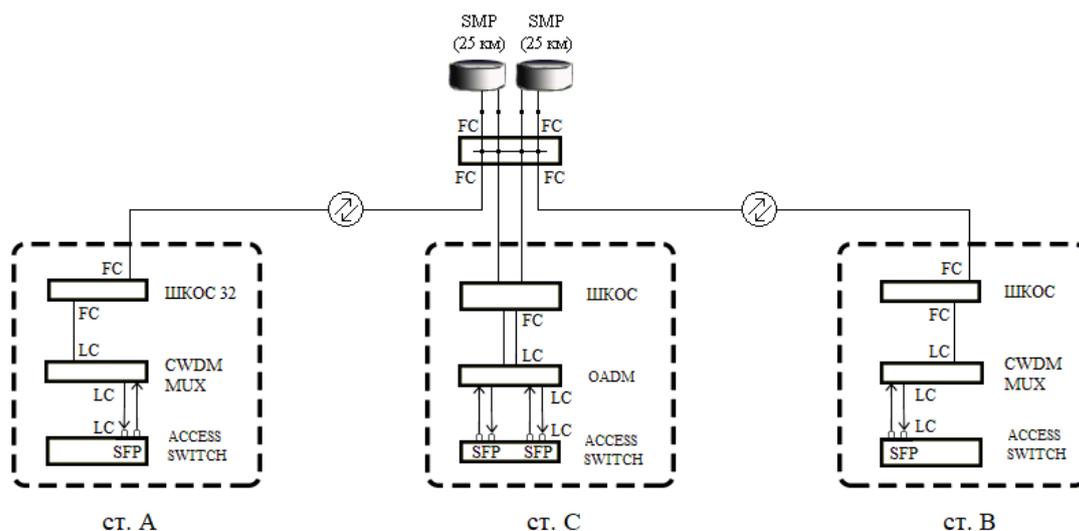
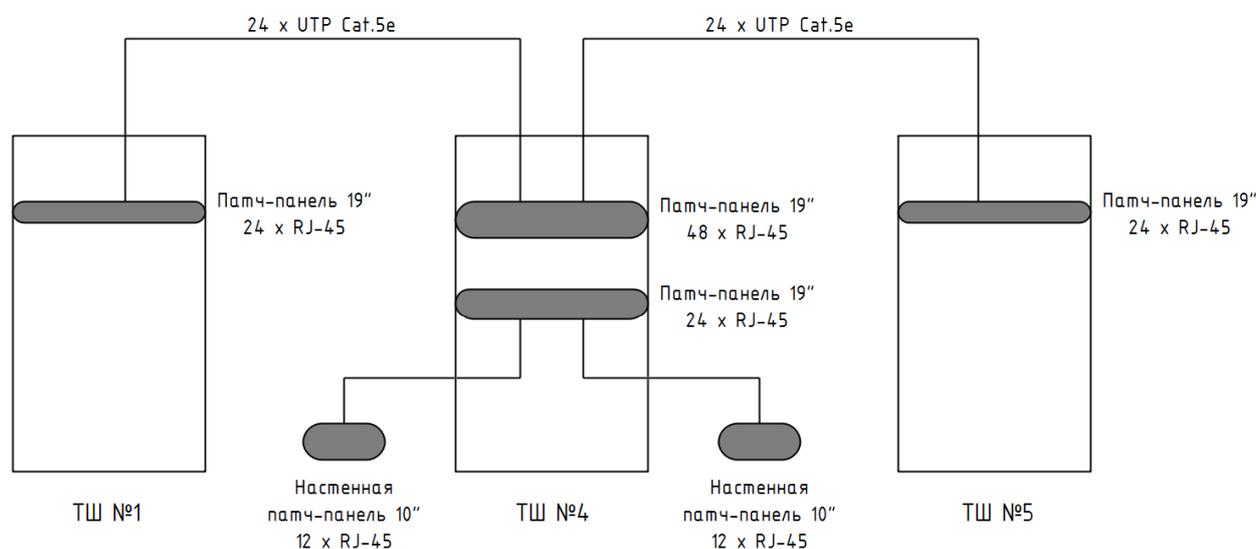


Рис. 2. Структурная схема модернизированной ВОЛС

Для организации абонентских подключений и коммутации аппаратуры используются медножильные линии связи, построенные на основе стандартной неэкранированной витой пары UTP 5е. Кабельные линии соединяются друг с другом посредством коммутационных патч-панелей (рис.3).

В 19” телекоммуникационных шкафах ТШ №1, 4 и 5 соответствующих условным станциям А, С и В, установлены 19” стоечные 24- и 48-портовые патч-панели. Рядом с рабочими местами смонтированы 12-портовые настенные 10” патч-панели, для удобства подключения различного переносного оборудования и приборов. Коммутационные патч-панели предназначены для коммутации активного сетевого оборудования с портами рабочего оборудования, а также для использования в паре с другой патч-панелью: первая панель представляет порты активного сетевого оборудования, а вторая – порты присоединяемых устройств (компьютеров, телефонов, сетевых принтеров и т.п.).

Кроссовые панели позволяют коммутировать абонентов по отдельности, что существенно повышает гибкость при изменении конфигурации системы связи. К настенным панелям можно подключить различных абонентов (до 8 абонентов), с возможностью расширения их количества до 24. Абонентами являются: автоматизированные рабочие места (АРМ) или персональные компьютеры, SIP-телефоны, диспетчерские пульта, оборудование видеоконференцсвязи, видеонаблюдения, различные датчики и устройства, которые подключаются по интерфейсу RJ-45.



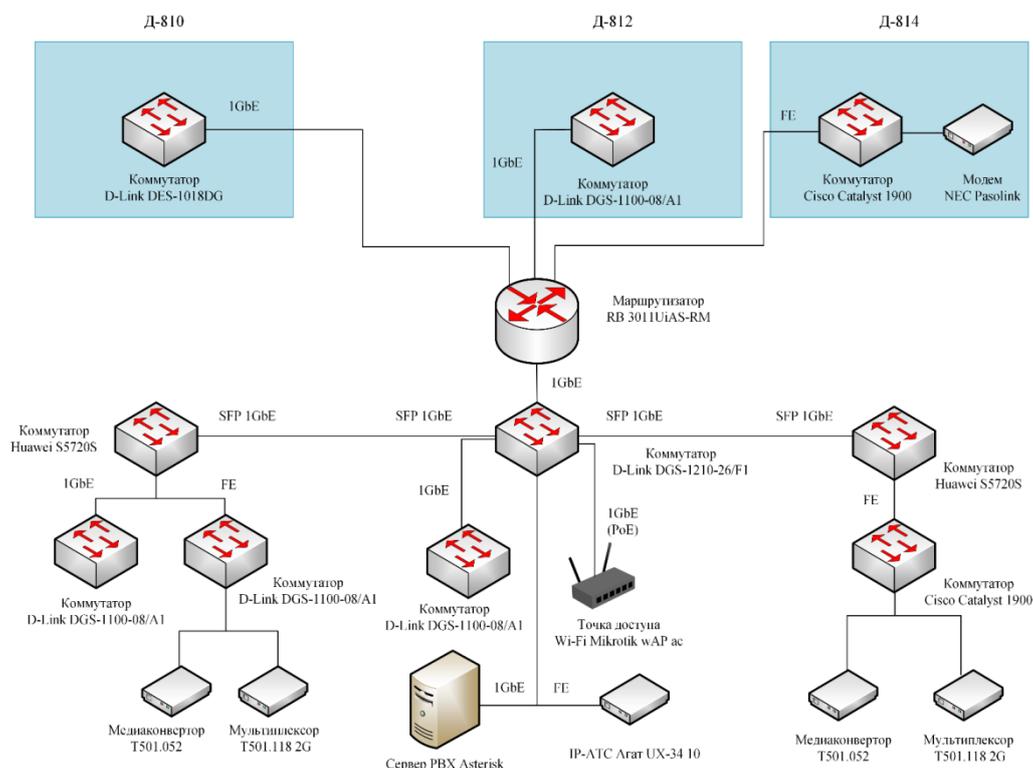
**Рис. 3. Структурная схема проводной линии связи**

Структурная схема сети связи лаборатории «Системы передачи информации» представлена на рис.4. Основу сети составляет маршрутизатор Mikrotik RB3011UiAS-RM, объединяющий локальные сети лабораторий кафедры («АРМ кафедры Автоматики, телемеханика и связь» Д-810, учебные лаборатории «Каналообразующая аппаратура и теория передачи сигналов» Д-812 и «Радиотехнические системы» Д-814) по стыку Gigabit/Fast Ethernet.

Уровень агрегации представлен гигабитными управляемыми коммутаторами Huawei S5720S и D-Link DGS-1210-26, которые соединяются друг с другом через оптические SFP модули (рис.2) с использованием CWDM-технологии.

Уровень доступа реализован на управляемых коммутаторах D-Link DGS-1100-08 и Cisco Catalyst 1900, к которым подключается различное стационарное оборудование через интерфейсы Gigabit/Fast Ethernet.

Наличие одного маршрутизатора не позволяет создать полноценную транспортную сеть, поэтому в будущем планируется установка нескольких аналогичных устройств с подключением через ВОЛС, что позволит не только коммутировать, но и маршрутизировать сетевой трафик.



**Рис. 4. Структурная схема модернизированной сети связи**

Развернутая в лаборатории инфраструктура позволит студентам изучить принципы работы и особенности настройки сетевого оборудования производства компаний Huawei, Cisco, D-Link и Mikrotik, познакомиться с основами коммутации и маршрутизации в IP-сетях, а также практически изучить специализированное и прикладное программное обеспечение, используемое для мониторинга и администрирования сетей передачи данных. Обновленная кабельная инфраструктура позволит развернуть как обычную телефонную связь, так и IP-телефонию на базе IP-АТС или программного сервера PBX Asterisk. Возможно также подключение различных абонентских устройств, датчиков, измерительных приборов. Помимо измерения электрических параметров, лабораторный комплекс позволит проводить различные оптические измерения, включая рефлектометрию ВОЛС.

Особенностью разработанной сети является совместимость с существующим оборудованием сетей ОТС и ОбТС. Мультиплексоры СММ-155, СММ-11, ТЛС-31 подключаются к оптической линии с использованием CWDM технологии, вместе с коммутаторами Huawei и D-Link. Технология спектрального разделения CWDM позволяет передавать одновременно сигналы систем SDH, PDH и Ethernet в одном оптоволокне независимо друг от друга. Установленные в 19” стойках патч-панели позволяют подключать аналоговых абонентов к коммутационным станциям СК-300Д и СМК-30 «Альфа», а также измерительное оборудование для тестирования параметров систем PDH/SDH.

### **Библиографический список**

1. Концепция развития первичной сети связи ОАО «РЖД» до 2015 года, Москва, 2013. 32 с.
2. Субботин, Е.А. Методы и средства измерения параметров оптических телекоммуникационных систем: учеб. пособие / Е.А. Субботин.— М. : Горячая линия – Телеком, 2018. — 224 с.

## REFERENCES

1. The concept of development of the primary communication network of JSC Russian Railways until 2015, Moscow, 2013. 32 p.
2. Subbotin, E.A. Methods and means of measuring the parameters of optical telecommunication systems: textbook. allowance / E.A. Subbotin .— M.: Hot line - Telecom, 2018 .— 224 p.

## Информация об авторах

*Козиенко Леонид Владимирович* – к. т. н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: leo.kozienko@gmail.com

*Сазонов Демьян Юрьевич* – студент 5 курса кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск

*Ушаков Вячеслав Владимирович* – студент 5 курса кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск

*Чернов Игорь Николаевич* – старший преподаватель кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: 1bopoh1@mail.ru

## Authors

*Kozienko Leonid Vladimirovich* – Ph.D., Associate Professor, Department of Automation, Telemechanic and Communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: leo.kozienko@gmail.com

*Sazonov Demyan Yurievich* – 5th year student of the department "Automation, Telemechanic and Communication", Irkutsk State Transport University, Irkutsk

*Ushakov Vyacheslav Vladimirovich* – 5th year student of the department "Automation, Telemechanic and Communication", Irkutsk State Transport University, Irkutsk

*Chernov Igor Nikolaevich* – Senior Lecturer, Department of Automation, Telemechanic and Communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: 1bopoh1@mail.ru

## Для цитирования

Козиенко Л.В. Модернизация сети передачи данных лаборатории кафедры АТС ИрГУПС [Электронный ресурс] / Л.В. Козиенко, Д.Ю. Сазонов, В.В. Ушаков, И.Н. Чернов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. – 2020. – №1. – Режим доступа: – <http://mnv.irgups.ru/toma/17-2020>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

## For citation

Kozienko L.V. Modernizaciya seti peredachi dannyh laboratorii kafedry ATS IrGUPS [Elektronnyj resurs] / L.V. Kozienko, D.YU. Sazonov, V.V. Ushakov, I.N. Chernov // *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2020, no. 1.