

Модернизация сети технологической связи на объектах железнодорожного транспорта с использованием технологии PON

Ю.В. Тасенкова

Филиал Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I в г. Калуге (Калужский филиал ПГУПС); г. Калуга, Россия; tassenkova81@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены существующие сети технологической связи, принцип построения которых в настоящее время основан на активном оборудовании, которое необходимо обслуживать в связи с морально устаревшей базой. Предложены мероприятия по модернизации сети технологической связи на крупных грузовых железнодорожных станциях с использованием технологии PON, что позволит грамотно и своевременно выполнять операции по переработке грузов, приему, отправлению, расформированию и формированию грузовых поездов, маневровую работу.

Описана структура методики PON, которая включает один приемопередающий модуль OLT на сеть, множество узлов абонентов ONT, соединяемых с OLT при помощи сплиттера по одному оптоволокну. Для исключения наложения исходящих сигналов, повышения качества связи, помехозащищенности, от абонентов ONT OLT распределяет время для трансляции информации.

Модернизация технологической связи предполагает замену существующих электрических кабелей, проложенных в кабельной канализации, на оптоволокну. Аппаратура, размещенная на станции, в линейно-аппаратном цехе ИКМ-4 и АТС Definity SI будет демонтирована. Новое оборудование малогабаритное, многофункциональное и позволит подключить большое количество абонентов, предоставляя им широкий спектр услуг. Грамотно подобранный тип оптического кабеля даст возможность добиться продолжительного использования новой технологической сети с дальнейшими перспективами развития, применять ее только для организации работы на крупной грузовой железнодорожной станции.

Ключевые слова: налаженность железнодорожного грузооборота; надежность движения составов; метод PON; апгрейд технологической сети оповещения; инерционное устройство; отсутствие допущения наложения сигналов; тракт передачи информации; широкий диапазон сервиса

Для цитирования: Тасенкова Ю.В. Модернизация сети технологической связи на объектах железнодорожного транспорта с использованием технологии PON // Техник транспорта: образование и практика. 2022. Т. 3. Вып. 4. С. 417–423. <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2022.4.417-423>.

Original article

Modernization of the technological communication network at railway transport facilities using PON technology

Juliya V. Tassenkova

Branch of the Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University in Kaluga; Kaluga, Russian Federation; tassenkova81@mail.ru

ABSTRACT

The existing telecommunication network the construction principle of which is nowadays based on active equipment that is required to be serviced due to its outmoded technology was considered. The modernization measures of telecommunication network at large freight terminals with the use of PON technologies which allow to complete properly and on time freight handling, receipt of cargo, dispatch of cargo, making up and breaking down of cargo trains, shunting works were provided. It was described the structure of PON technology which includes one OLT optical line terminal per network, a set of nodes of ONT subscribers connected to OLT

by means of splitters over one fibre. OLT allocates time for information broadcasting to avoid the overlap of outgoing signals, to improve communication quality, noise immunity from ONT subscribers. Modernization of telecommunication network suppose the replacement of existing electrical cables laid in the cable channels on the fiber optic. Located at the station equipment and ATS Definity SI in the line-switching room will be removed. There will be a new small-size multifunctional equipment which allow to connect a large number of subscribers providing a broad range of service. Properly selected type of optical cable will allow to achieve a long duration of use of a new technological network with further development prospects, to use it only for organizing work at a large freight railway station.

Keywords: coordination of railway cargo turnover; safety of rolling stocks traffic; PON technology; upgrade of railway telecommunication network; inertia device; absence of signal overlapping; information route; broad range of service

For citation: Tsenkova Ju.V. Modernization of the technological communication network at railway transport facilities using PON technology. *Transport technician: education and practice*. 2022;3(4):417-423. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2022.4.417-423>.

ВВЕДЕНИЕ

Сложнейшая структура грузооборота диктует требование всем подсистемам, входящим в единую транспортную систему Российской Федерации, быть конкурентоспособными, это позволяет достигнуть главной цели железнодорожного транспорта (ЖДТ).

Железнодорожный транспорт наиболее развит в России, является стратегически важным, ключевым видом транспорта, он универсален: с его помощью перевозят грузы, пассажиров в любые погодные условия и на дальние расстояния.

Причины аварий на ЖДТ зависят от естественного износа в процессе эксплуатации технических средств, морального устаревания систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, нарушений правил эксплуатации, ошибок диспетчеров, халатности и невнимательности машинистов и др.

Поэтому задача развития железнодорожной инфраструктуры на данном этапе основывается на модернизации транспортной системы, что послужит стимулом совершенствования многих отраслей российской промышленности. Модернизация систем, устройств автоматики и телемеханики дает возможность повысить уровень безопасности и бесперебойности перевозочного процесса [1].

Железнодорожный транспорт представляет собой многоотраслевое хозяйство, функционирование, конкурентоспособность которого зависят от бесперебойной, слаженной работы каждой отрасли: путь и путевое хозяйство, автоматика и телемеханика на транспорте, электроснабжение, локомотивное и вагонное хозяйство, связь.

Связь на ЖДТ — неотъемлемая часть перевозочного процесса, обеспечивающая своевременное информирование работников каждой отрасли по вопросам безопасности и бесперебойности.

Железные дороги играют важнейшую роль в процессе грузоперевозок РФ и служат экономической составляющей. Модернизация технологической связи актуальна и своевременна, поскольку позволит повысить качество, надежность связи и расширить спектр предоставляемых услуг.

Существующие сети технологической связи включают: общетехнологическую телефонную связь (ОбТС); оперативно-технологическую связь (ОТС)¹; связь совещаний (СС); специализированную дорожную сеть передачи данных оперативно-технологического назначения (СПД-ОТН), и в настоящее время построены главным образом на активном оборудовании, которое необходимо обслуживать, и оно морально устаревает, поэтому нужна модернизация.

На современном этапе технологические сети, которыми оснащены грузовые железнодорожные станции, дают возможность грамотно и своевременно выполнять функции:

- по грузопереработке в значительных объемах; вести прием к перевозке; производить взвешивание, сохранение, погрузку, выгрузку, подборку и выдачу грузов;
- прием, отправление, расформирование и формирование грузовых составов;
- маневровую работу по подаче вагонов к погрузочно-выгрузочным фронтам и уборке их после грузовых операций;
- обслуживание подъездных путей промышленных предприятий.

¹ ГОСТ 34014–2016. Электросвязь железнодорожная. Сеть оперативно-технологической связи. Технические требования и методы контроля.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ PON ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Основой для модернизации технологической связи на крупных грузовых железнодорожных станциях служит наличие электрических кабелей в местной сети в качестве передающей среды, проложенных в кабельной канализации. Для надежности, скорости и безошибочного установления соединений между абонентами и повышения качества услуг сетей технологической связи требуется переход от сетей доступа, базирующихся на прокладке электрических, к оптическим сетям доступа с использованием технологии PON (англ. *Passive Optical Network* — пассивная оптическая сеть). Волоконно-оптические кабели (ВОК) являются лучшими по помехозащищенности и пропускной способности, возможны различные варианты их прокладки и подвески в зависимости от условий эксплуатации. При этом стоимость ВОК сопоставима со стоимостью электрических кабелей.

Сегодня PON — развитая, с далеко идущими перспективами технология мультисервисного широкополосного множественного доступа по оптоволокну, применяющая разделение волн в трактах приема/передачи. Широкополосный доступ обеспечивает высокую скорость обмена информацией, предоставляет пользователям широкий спектр услуг: файловый обмен, видеоконференции, услуги охраняемых систем; телефонные услуги и т.д. [2].

Преимущества модернизации сети технологической связи на объектах ЖДТ на базе технологии PON:

- экономия оптоволокну;
- исключение активного промежуточного оборудования;
- отсутствие влияния на климатические воздействия;
- удобная система передачи данных WDM (англ. *Wavelength-division Multiplexing* — мультиплексирование с разделением по длине волны) по одному волокну;

- простота подключения вновь подключаемых абонентов и удобство обслуживания.

Структура модели PON реализована на основе разветвленной пассивной сети доступа, имеющей один приемопередающий модуль OLT (*Optical Line Terminal*) для передачи информации множеству абонентских устройств ONT (*Optical Network Terminal*) и приема информации от последних.

Количество абонентов, подключаемых к одному приемопередающему модулю OLT, может быть очень большим. Для передачи прямого потока информации от OLT к ONT используется длина волны 1490 нм, а обратные потоки данных от абонентских узлов ONT к приемопередающему модулю OLT передаются на длине волны 1310 нм. С целью разделения прямых и обратных потоков в OLT и ONT встроены WDM мультиплексоры.

На уровне оптических сигналов прямой поток является широкополосным. Каждый узел абонента ONT из общего потока выделяет предназначенную только ему часть информации. Прямой поток в сети PON представлен на рис. 1.

Узлы абонентов ONT используют для передачи по обратному потоку длину волны 1310 нм, активно применяя временное разделение TDMA (*Time Division Multiple Access*). Обратный поток в сети PON показан на рис. 2.

Для каждого абонента ONT OLT предусматривает индивидуальное время по трансляции данных, учитывая состояния буферов и поправки на задержку, связанную с удалением данного ONT от OLT.

Оптический разветвитель сплиттер — одно из главных устройств и относится к пассивному оборудованию сети, он распределяет прямой поток оптического излучения в одном направлении и объединяет несколько потоков в обратном направлении. Разветвители приведены на рис. 3.

По технологии изготовления оптические разветвители подразделяют на сплавные и планарные. Сплавные разветвители выполняют, сплавляя два или несколько оптических волокна. Планарные разветвители — по толсто пленочной технологии на кристалле кремния, к торцам подстыко-

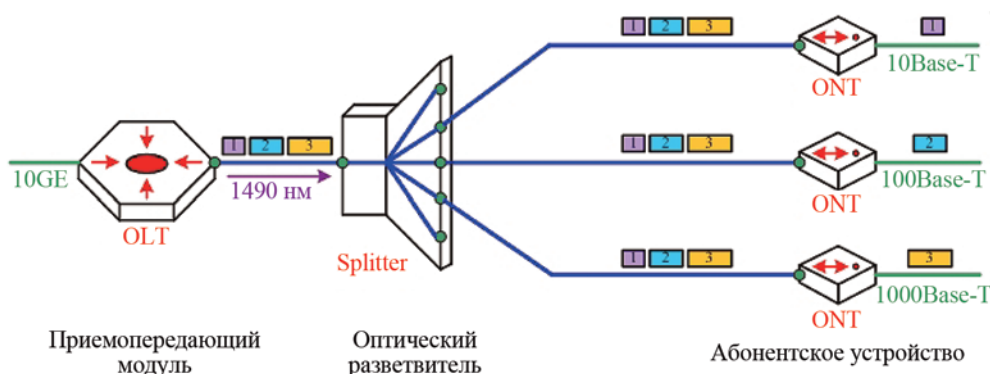


Рис. 1. Прямой поток в сети PON

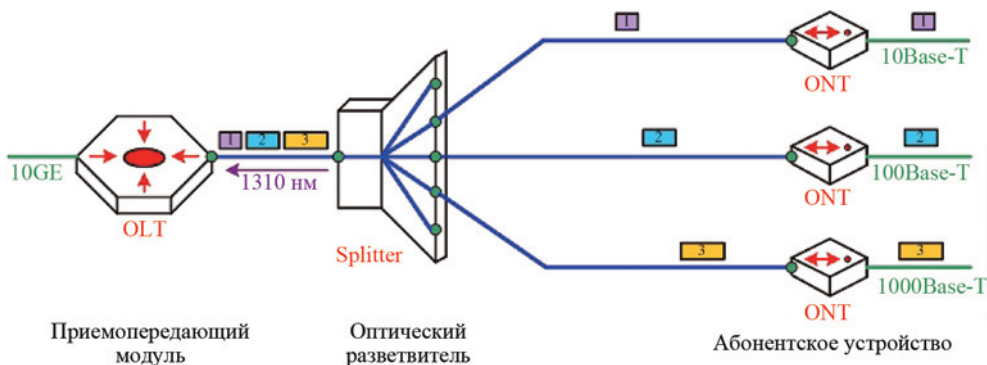


Рис. 2. Обратный поток в сети PON

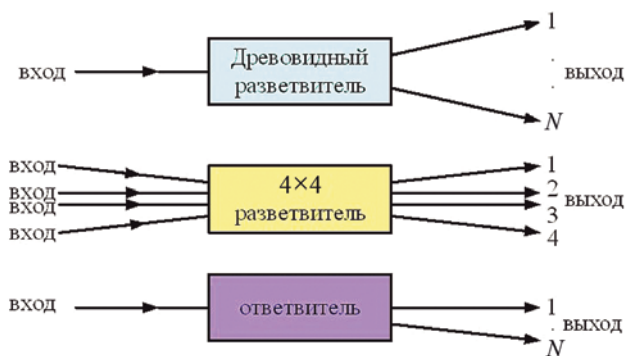


Рис. 3. Типы разветвителей

вывая ленточные оптические волокна. Технологии изготовления сплиттеров представлены на рис. 4.

Планарные разветвители имеют лучшие оптические параметры и более высокую надежность при эксплуатации в отличие от сплавных.

Кабельная сеть обладает гибкими возможностями, качеством, надежностью и защищенностью, что и является основой для работы модернизируемой технологической сети.

В построении оптических сетей доступа технологии PON выделяют четыре основополагающие топологии: «точка-точка» (рис. 5), «кольцо» (рис. 6), «дерево с активными узлами» (рис. 7), «дерево с пассивными узлами» (рис. 8).

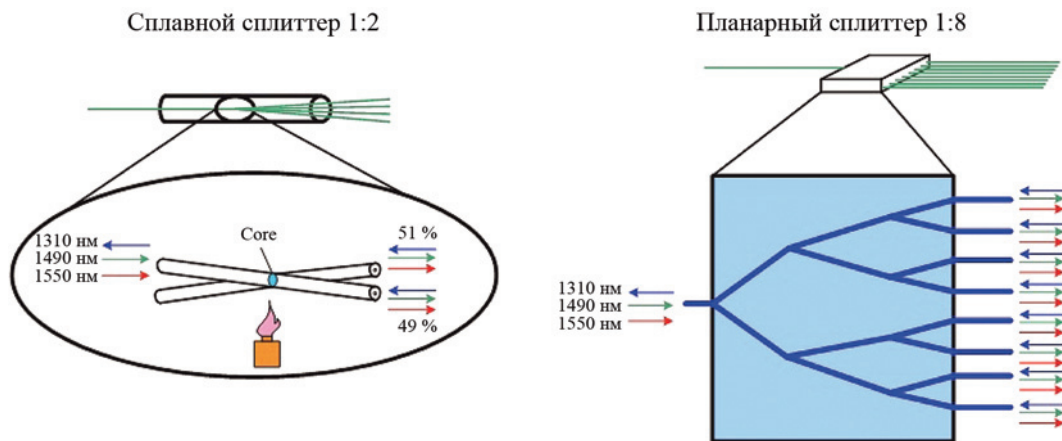


Рис. 4. Технологии изготовления сплиттеров

Технология PON при модернизации существующей технологической связи на крупных грузовых железнодорожных станциях экономит расход кабеля за счет сокращения суммарной длины прокладываемых оптоволокон, так как на участке от центрального узла OLT до разветвителя используется всего одно оптоволокно, а также позволяет сократить число оптических передатчиков и приемников в центральном узле. А выбранная для реализации поставленной цели топология PON «дерево с пассивными узлами» даст возможность сократить число оптических разветвителей исходя из фактического местонахождения абонентов, расходов на прокладку оптического кабеля (ОК) и эксплуатацию кабельной сети.

В технологии PON для достижения высокого качества предоставляемых услуг связи QoS между абонентами применяется протокол GPON (*Gigabit Passive Optical Network* — гигабитная оптическая пассивная сеть). Характеристики стандарта GPON технологии PON представлены в таблице.

Для модернизации существующей технологической сети связи на крупных грузовых станциях рационально использовать технологию GPON, так как стандарт позволит передавать любые виды информации на высоких скоростях с защитой передаваемых данных, что, несомненно, будет влиять

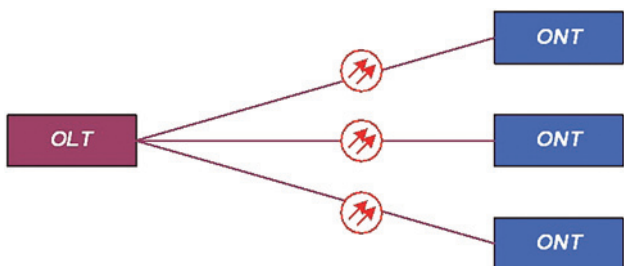


Рис. 5. Топология «точка-точка»

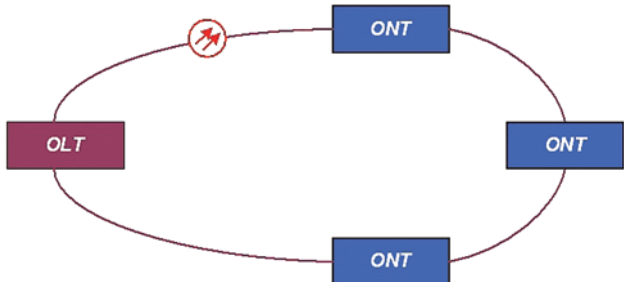


Рис. 6. Топология «кольцо»

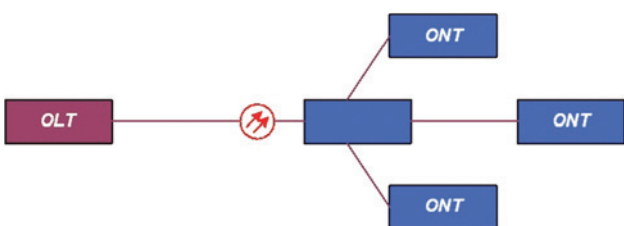


Рис. 7. Топология «дерево с активными узлами»

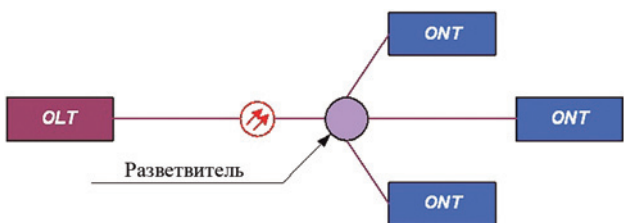


Рис. 8. Топология «дерево с пассивными узлами»

на качество и оперативность производимых работ. На рис. 9 показана структурная схема технологии доступа GPON.

При модернизации местной кабельной сети технологической связи на станции все электрические кабели необходимо будет заменить на ОК. Имеющуюся аппаратуру цифрового абонентского уплотнения ИКМ-4, которая предназначена для подключения к АТС по одной симметричной паре медных проводов четырех абонентов и АТС Definity SI, необходимо демонтировать. Для обеспечения передачи данных от сетевого оборудования к оконечному будут использоваться сетевые

оптические терминалы и абонентские оптические терминалы, для разделения сигнала — пассивные оптические сплиттеры (разветвители).

С целью модернизации технологической связи на крупной грузовой железнодорожной станции проанализировали спецификацию OLT — оптимальный вариант оптического линейного терминала SmartAX MA5608T². Внешний вид SmartAX MA5608T приведен на рис. 10.

Компактное оборудование будет установлено в стойку шириной 19" в имеющемся доме связи в линейно-аппаратный цех, это позволит защитить аппаратуру от климатических воздействий. Имея большой набор модулей, аппаратура функциональная, гибкая и без проблем позволит подключить любое оборудование, используемое на станции. Большая емкость даст возможность подключить до 4096 абонентов, входящих в технологическую связь, а также абонентов жилых домов, что будет приносить доходы.

Абонентские терминалы (ONT) устанавливаются в жилых помещениях (*Indoor*) и в служебных помещениях (*Outdoor*), это позволяет предоставить широкополосный доступ (до 1 Гб/с) для клиентов оконечного оборудования, и наделены функцией удаленного конфигурирования и управ-

Таблица

Характеристики стандарта GPON технологии PON

Характеристики	GPON
Институты стандартизации/ отраслевые альянсы	ITU-T SG15 / FSAN
Дата принятия альянса	Октябрь 2003 г.
Стандарт	ITU-T G.984x
Скорость передачи, прямой/ обратный поток, Мбит/с	1244/155; 1244/622; 1244/1244; 1488/622; 2448/1244 2488/2488
Базовый протокол	SDH
Линейный код	NRZ
Максимальный радиус сети, км	20
Максимальное число абонентских узлов на одно волокно	64 (1282)
Приложения	Любые
Коррекция ошибок FEC	Необходима
Длина волны прямого/обратного потоков, нм	1550/1310 (1490/1310)
Динамическое распределение полосы	Есть
IP-фрагментация	Есть
Защита данных	Шифрование открытыми ключами
Резервирование	Есть

² Руководство по эксплуатации Huawei SmartAX MA5608T. Huawei Technologies Co., Ltd. 2014.

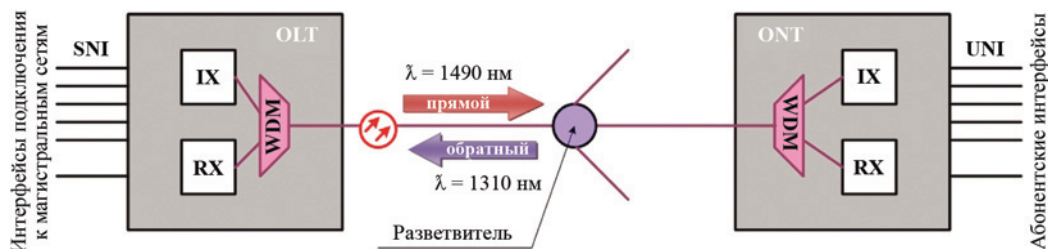


Рис. 9. Структурная схема технологии доступа GPON



Рис. 10. Внешний вид SmartAX MA5608T



Рис. 11. Внешний вид абонентского терминала SmartAX MA5616

ления с центрального концентратора (OLT). Все модели ONT обладают функцией самонастройки plug-and-play.

Выносные оптические сетевые блоки серии SmartAX MA5612 и MA5616 фирмы Huawei поддерживают большое количество различных портов и предоставляют широкий набор услуг³. Внешний вид абонентского терминала SmartAX MA5616 представлен на рис. 11.

Для замены электрических кабелей, образующих местную сеть на станции, являющихся передающей средой, необходимо грамотно подобрать оптический кабель, который можно будет проло-

жить в существующую кабельную канализацию, тем самым сэкономить время прокладки новой сети и средства [3].

Чтобы добиться долговечной службы оптической линии связи с перспективой следует подобрать для модернизации необходимую конструкцию оптического кабеля. С целью замены электрических кабелей для реализации поставленных целей требуется выбрать стандартный оптический кабель ДПЛ-П-08У-2,7 кН, который обладает широким спектром рабочих и монтажных температур, он более устойчив к нагрузкам натяжения и раздавливания, обладает большим количеством оптических волокон (ОВ) в кабеле, что позволит не только организовать технологическую связь, но и сдавать каналы в аренду жилым домам, в которых проживают работники ЖДТ [4].

При построении PON важным компонентом является оптический разветвитель, придающий сети необходимую упругость, масштабируемость, максимальную эквивалентность системным требованиям, выгодность. А для соединения элементов оптической сети будут использоваться оптические соединители типа SC с полировкой PC, UPC, APC. Проанализировав все возможные виды разветвителей, актуально выбрать PLC 1 × 4, так как он имеет незначительную чувствительность поляри-

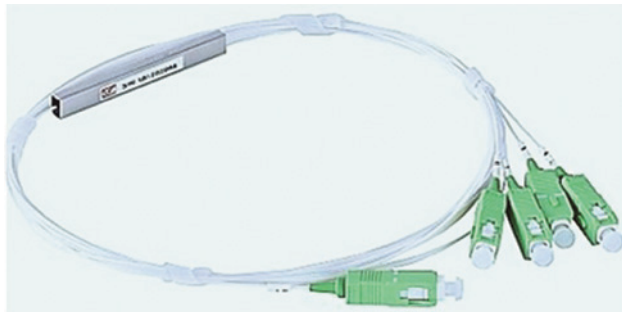


Рис. 12. Внешний вид оптического разветвителя планарного (сплиттер, делитель) (PLC) 1 × 4 и оптического соединителя SC

³ Руководство по эксплуатации Huawei SmartaxMA5616. — Huawei Technologies Co., Ltd. 2014.

зависимых потерь, низкие потери, быструю установку. Внешний вид оптического разветвителя планарного (сплиттер, делитель) (PLC) 1 × 4 и оптического соединителя SC представлен на рис. 12.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оборудование оптического линейного терминала OLT и абонентских терминалов ONT необходимо выбирать одной фирмы, это позволит работать аппаратуре более корректно.

С целью реализации процесса модернизации технологической связи следует произвести расчеты надежности сети на основе технологии PON, которые включают расчет скорости передачи данных в сети PON, расчет бюджета потерь и определение оптимальных коэффициентов деления разветвителей.

Для модернизации сети технологической связи требуется выполнить расчеты, на основании которых можно сделать вывод, будет ли будущая

сеть сбалансированной и предоставлять широкий спектр услуг всем абонентам, входящим в сеть.

Для замены электрических кабелей был выбран стандартный оптический кабель ДПЛ-II-08У, обладающий широким спектром рабочих и монтажных температур, более устойчивый к нагрузкам натяжения и раздавливания, а также имеющий большее количество ОВ в кабеле, что позволит не только организовать технологическую связь на крупных грузовых станциях, но и сдавать каналы в аренду жилым домам, в которых проживают работники станции.

Современная технология PON идеально подходит для модернизации существующих, морально устаревших местных кабельных сетей технологической связи на крупных грузовых железнодорожных станциях, так как имеет множество преимуществ. Путем наименьших затрат модернизируя технологические сети связи, повысится качество связи, которая обеспечит безопасную и бесперебойную работу на крупной грузовой железнодорожной станции, что повлияет на конкурентоспособность ЖДТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тасенкова Ю.В., Ширинский В.А. Информационные технологии и системы комплексного контроля технического состояния подвижного состава в эксплуатации // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства: материалы V Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 410–412.
2. Ананьев Д.В., Тарасов И.А. Организация передачи данных для систем ЖАТ // Автоматика, связь, информатика. 2019. № 1. С. 33–35.
3. Виноградов В.В., Котов В.К., Нуприк В.Н. Волоконно-оптические линии связи: учебное пособие для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. М.: ИПК «Желдориздат», 2002. 278 с.
4. Виноградов В.В. Линии железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебник для вузов ж.-д. трансп. М.: Издательство «Маршрут», 2002. 416 с.

REFERENCES

1. Tsenkova J.V., Shirinskiy V.A. Information technologies and integrated test system of rolling stock technical condition while operating. *Automobile industry: engineering, designing, calculation and technology of repair and production: materials of V Russian Research-to-Practice Conference*. 2021;410-412. (In Russ.).
2. Ananyev D., Tarasov I. Data transmission arrangement for railroad automation and telemechanics (RAT). *Automatics, Communication, Computer Science*. 2019;1:33-35. (In Russ.).
3. Vinogradov V.V. *Fibre optic lines: tutorial*. Moscow, IPC Zhelдориздат, 2002;278. (In Russ.).
4. Vinogradov V.V. *Lines of railway automation, telemechanics and communication: textbook*. Moscow, Marshrut, 2002;415. (In Russ.).

Об авторе

Юлия Владимировна Тасенкова — заведующая отделением, преподаватель специальных дисциплин; **Филиал Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I в г. Калуге (Калужский филиал ПГУПС)**; 248000, г. Калуга, ул. Вилонова, д. 11; tassenkova81@mail.ru.

Bionotes

Julia V. Tsenkova — Head of the department, teacher of special disciplines; **Branch of the Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University in Kaluga**; 11 Vilonova st., Kaluga, 248000, Russian Federation; tassenkova81@mail.ru.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 19.11.2022; одобрена после рецензирования 21.02.2022; принята к публикации 30.10.2022.
The article was submitted 19.11.2022; approved after reviewing 21.02.2022; accepted for publication 30.10.2022.