

Основные требования к организации радиосвязи на высокоскоростной магистрали



Д. Н. Роенков,
канд. техн. наук,
доцент Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС)



В. В. Шматченко,
канд. техн. наук,
доцент ПГУПС



П. А. Плеханов,
канд. техн. наук,
доцент ПГУПС



В. Г. Иванов,
старший преподаватель
ПГУПС

Обеспечение надежной радиосвязи при эксплуатационной скорости поездов до 400 км/ч – нетривиальная задача, поскольку практический опыт эксплуатации современных систем подвижной связи на столь высокой скорости, когда возможно отрицательное влияние эффекта Доплера, а также сбой передачи соединения между базовыми станциями, пока недостаточен. Для решения ряда вопросов необходимо провести испытания на этапе опытной эксплуатации высокоскоростных магистралей.

Качественная радиосвязь – обязательное условие организации железнодорожных перевозок. Современные системы управления движением поездов используют как голосовую радиосвязь, так и каналы передачи данных для информационно-управляющих систем. Основные требования к функциональным возможностям и структуре систем радиосвязи для высокоскоростных магистралей (ВСМ), приведенные в статье, были сформулированы специалистами ПГУПС по заказу ОАО «Скоростные магистрали» в рамках специальных технических условий «Железнодорожная электросвязь участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екате-

ринбург. Технические нормы и требования к проектированию и строительству железнодорожной радиосвязи».

Состав и функциональные возможности

Чтобы обеспечить решение всех задач, связанных с обменом информацией между наземной инфраструктурой и подвижными объектами на участке ВСМ, железнодорожная радиосвязь должна включать следующее (рис. 1):

- цифровые системы технологической радиосвязи (ЦСТР; основная – стандарта GSM-R, резервная – стандарта DMR);
- систему технологической ремонтно-оперативной радиосвязи (РОРС) на базе сетей подвижной связи коммерческих операторов (по таким радиосетям может передаваться только информация, не связанная с безопасностью движения поездов);
- цифровую беспроводную систему передачи данных (БСПД) для информационно-управляющих систем (ИУС).

Цифровая система технологической радиосвязи стандарта GSM-R (рис. 2), являясь основной ЦСТР, должна при скорости движения до 400 км/ч обеспечивать выполнение следующих основных функций:

- организацию поездной радиосвязи с использованием индивидуальных, групповых и циркулярных вызовов следующих абонентов: поездных и энергодиспетчеров, машинистов локомотивов, моторвагонных поездов, специального подвижного состава, дежурных по станциям и по депо, начальников поездов и других работников, участвующих



Рис. 1. Состав систем железнодорожной радиосвязи на участке Москва – Казань ВСМ Москва – Казань Екатеринбург

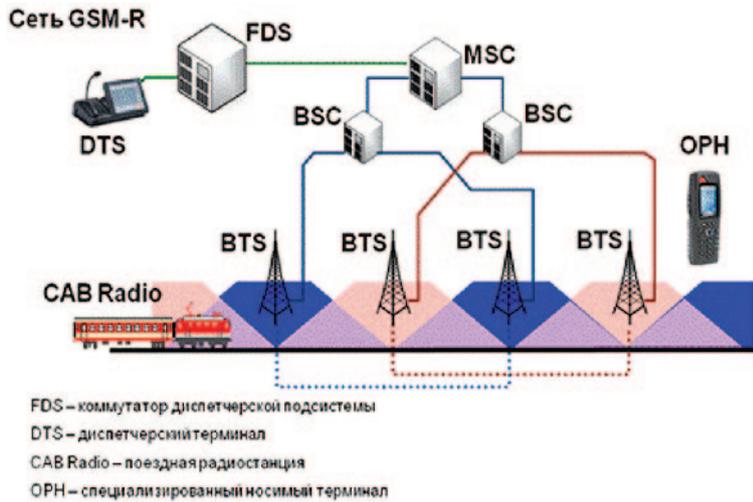


Рис. 2. Архитектура сети GSM-R

в выполнении поездной работы;

- организацию беспроводных каналов передачи данных для информационно-управляющих систем управления движением поездов и обеспечения безопасности движения.

Выбор стандарта GSM-R в качестве основного для организации ЦСТР обусловлен тем, что он был разработан специально для нужд железнодорожного транспорта и служит основой для построения Европейской интегрированной железнодорожной радиосети с расширенными возможностями (European Integrated Railway Radio Enhanced Network, EIRENE). Это европейский проект, цель которого состоит в разработке требований железных дорог Европейского союза к сетям железнодорожной радиосвязи (рис. 3). В рамках данного проекта были выпущены два основополагающих документа, определяющих функциональные (Functional Requirements Specification, FRS) и технические (System Requirements Specification, SRS) требования к системе GSM-R [1, 2]. Стоит отметить, что в России имеется успешный опыт организации и эксплуатации сетей GSM-R. В частности, ЦСТР стандарта GSM-R была организована на железнодорожных линиях, обслуживающих зрителей Олимпиады в г. Сочи.

Цифровая система технологической радиосвязи стандарта DMR (диапазона 160 МГц) – это резервная система поездной радиосвязи, а также основная система станционной радиосвязи.

В момент разработки СТУ не был накоплен отечественный и международный практический опыт использования ЦСТР стандарта DMR на скорости до 400 км/ч, поэтому ЦСТР стандарта

DMR в качестве резервной системы ПРС должны применяться со снижением скорости движения подвижных единиц до тех значений, для которых гарантировано обеспечение заданных требований к каналам поездной радиосвязи.

Система ЦСТР стандарта DMR должна обеспечивать возможность передачи данных в информационно-управляющих системах.

В ЦСТР GSM-R необходимо предусмотреть предоставление:

- услуги передачи речи;
- услуги передачи данных;
- дополнительных услуг (например, управления вызовами и приоритетами);
- услуг связи, обусловленных железнодорожной спецификой (например, прямой вызов).

При этом услуги передачи речи должны включать в себя:

- индивидуальный вызов для дуплексного соединения;
- экстренный вызов (по номеру 112);
- широкоэмитательный вызов;
- групповой вызов с возможностью предоставления одному абоненту нескольких групповых номеров (в любой момент времени говорить может только один абонент);

- вызов конференц-связи (до шести абонентов, все могут говорить и слушать одновременно).

Услуги передачи данных должны обеспечивать:

- передачу текстовых сообщений;
- передачу данных с коммутацией каналов (скорость передачи данных не менее 2,4 кбит/с);
- передачу данных с коммутацией пакетов;
- передачу ответственных данных в

контуре безопасного управления движением поездов (передачу данных о состоянии бортовых систем поезда и команд управления на поезд).

Кроме услуг передачи речи и данных в ЦСТР должны быть реализованы дополнительные услуги:

- логическая изоляция групп пользователей;
- многоуровневая система пользовательских приоритетов, в том числе права на прерывание услуг связи, уже предоставленных другим пользователям;
- дополнительные услуги по управлению вызовами (удержание, перенаправление вызова, постановка в очередь и др.);
- автоответчик;
- информирование об освобождении занятой линии;
- баланс счёта.

К услугам связи с железнодорожной спецификой, которые также должны быть реализованы в ЦСТР, относятся:

- функциональная адресация по номеру поезда, локомотива, вагона или по должностному номеру, отображение должности вызывающего абонента;
- вызов работника в зависимости от его местонахождения;
- обеспечение маневровой радиосвязи с постоянным контролем готовности линии;
- групповой вызов внутри поезда (для взаимодействия персонала);
- экстренные вызовы при управлении движением поездов;
- прямой вызов (без использования сетевой инфраструктуры);
- обеспечение бесперебойной радиосвязи на скорости до 400 км/ч.

ЦСТР стандарта DMR должна обеспечивать выполнение приведенных выше требований в объеме, определяемом техническими и функциональными возможностями данной ЦСТР.

Система технологической ремонтно-оперативной радиосвязи (РОРС) на базе сетей подвижной связи коммерческих операторов предназначена для обеспечения технологической радиосвязью персонала, не связанного непосредственно с организацией перевозочного процесса.

Цифровая беспроводная система передачи данных (БСПД) предназначена для организации беспроводных каналов передачи данных в станционных информационно-управляющих системах и может организовываться с использованием цифровых систем радиосвязи



Рис. 3. Проект EIRENE

стандартов GSM-R, DMR, Wi-Fi и др. Конкретный тип системы для БСПД должен определяться на этапе проектирования с учетом местных условий и требований к каналу передачи данных ИУС, а также требований по безусловному обеспечению электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.

Для обеспечения пассажиров услугами связи во время поездки по ВСМ должны использоваться сети цифровой беспроводной связи коммерческих операторов.

Следует отметить, что ЦСТР, РОРС и БСПД должны использоваться в соответствии с концепцией применения комплекса взаимосвязанных показателей надежности, готовности, ремонтпригодности и безопасности (Reliability, Availability, Maintainability and Safety, RAMS) на всех этапах жизненного цикла системы, включая этап анализа риска [3, 4].

Оснащение средствами радиосвязи подвижного состава

Подвижной состав любого типа, эксплуатируемый на линии ВСМ, должен быть оснащен следующими средствами радиосвязи:

- трехдиапазонными радиостанциями передачи речи с приемопередатчиками диапазонов 900 МГц (стандарт GSM-R), 160 МГц (стандарт DMR и аналоговая радиосвязь), 2 МГц (аналоговая радиосвязь); при этом аналоговая радиосвязь необходима для обеспечения связи с подвижным объектом при его выезде за пределы ВСМ на железнодорожные участки, оснащенные соответствующими аналоговыми системами технологической радиосвязи;
- радиостанциями для организации РОРС на базе сетей подвижной связи коммерческих операторов;

- радиостанциями передачи данных для работы ИУС.

Для обеспечения работы систем управления движением поездов, а также иных систем, требующих определения местоположения подвижного объекта, подвижной состав должен оснащаться модулями ГЛОНАСС/GPS.

Рабочие места начальников пассажирских поездов должны оснащаться двухдиапазонными радиостанциями передачи речи диапазонов 900 МГц (стандарт GSM-R) и 160 МГц (стандарт DMR и аналоговая связь).

Для обеспечения функционирования абонентских устройств пассажиров поезда пассажирский подвижной состав должен быть оснащен широкополосными репитерами стандарта GSM, а также радиостанциями спутниковой связи.

Организация проверки действия поездной радиосвязи

Поездная радиосвязь непосредственно связана с обеспечением безопасности движения поездов. Поэтому так важен надежный контроль функционирования поездной радиосвязи в процессе ее эксплуатации. Для формирования требований к проведению контроля поездной радиосвязи были разработаны специальные технические условия «Проверка действия и контроль параметров поездной радиосвязи и беспроводных систем передачи данных на участке Москва – Казань высокоскоростной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург».

Цель проверки действия и контроля параметров поездной радиосвязи (ПРС) и БСПД – повышение безопасности движения поездов и обеспечение значения коэффициента готовности сетей ПРС и БСПД на уровне не менее 0,9995. Для этого необходимо организовать систему контроля за основными параметрами стационарных радиоэлектронных средств (РЭС), а также за состоянием той инфраструктуры, которая обеспечивает распространение вдоль участков железных дорог радиосигналов от РЭС, используемых для управления перевозочным процессом [5].

При проверке действия ПРС измерительное оборудование должно предоставлять возможность оценивать и проверять следующие параметры:

- длительность установления соединений;
- параметры качества услуг (для передачи речи и данных) с проведением

статистического анализа;

- уровень принимаемого сигнала;
- качество принимаемого сигнала;
- временные параметры передачи соединения;
- параметры передачи/приема данных CSD (Circuit Switched Data – передача данных с коммутацией цепей), GPRS (General Packet Radio Service – служба пакетной передачи данных общего назначения по радиоканалу), EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution – усовершенствованная технология передачи данных для развития сетей GSM).

Перечень измеряемых параметров ПРС может корректироваться при изменении технических средств измерений, технологий эксплуатации или методов контроля ПРС.

Проверка действия поездной радиосвязи в линейной радиосети на участке ВСМ, которая организуется с использованием измерительных средств, размещаемых на подвижной единице, должна проводиться не реже одного раза в квартал.

Проверка действия поездной радиосвязи в зонной радиосети должна проводиться не реже одного раза в год.

Выборочные проверки основных параметров локомотивных радиостанций должны проводиться не реже одного раза в квартал. При этом продолжительность каждой такой проверки определяется в годовом графике и составляет, как правило, не менее трех рабочих дней подряд.

Проверяться и контролироваться должны все основные функции ПРС и БСПД по передаче речи и передаче данных, реализуемые в сетях радиосвязи на участке ВСМ.

Периодической проверке и контролю подлежат все средства радиосвязи (стационарные, возимые, носимые), каналы радиосвязи между возимыми и стационарными радиостанциями, смежными стационарными радиостанциями, а в необходимых случаях – и между каналами с участием носимых радиостанций.

К основным видам проверок и контроля ПРС и БСПД относятся:

- оперативный контроль (с помощью единой системы мониторинга и администрирования, ЕСМА);
- периодические (плановые) проверки (вагоном-лабораторией по графику);
- контрольные проверки (вагоном-лабораторией с проверкой устранения ранее выявленных замечаний);



- внеплановые проверки.

Устройства поездной радиосвязи, имеющие техническую возможность, должны быть включены в систему мониторинга и администрирования (СМА) поездной радиосвязи, предназначенную для контроля и администрирования параметров системы радиосвязи владельца инфраструктуры.

Система СМА поездной радиосвязи должна входить в ЕСМА технологической сети связи владельца инфраструктуры. Порядок и периодичность проверки работоспособности и контроля основных параметров поездной радиосвязи с использованием ЕСМА определяются ее техническими возможностями.

В зависимости от технических возможностей и решений о порядке проведения измерений на подвижной единице в интересах других железнодорожных хозяйств (электроснабжение, СЦБ и др.) радиотехническое измерительное оборудование может быть размещено в отдельном или совмещенном с другими хозяйствами вагоне-лаборатории, в специальном измерительном поезде или на типовом составе, используемом на участке ВСМ. Вариант размещения измерительного оборудования должен быть определен с учетом выбора вида поезда для ВСМ, а также потребностей других хозяйств в проведении измерений на подвижном составе.

Система контроля поездной радиосвязи, организованной на базе ЦСТР стандарта GSM-R, должна работать в автоматическом режиме и с помощью встроенных средств самодиагностики и мониторинга оборудования сети радиосвязи осуществлять непрерывный

контроль его состояния. При этом состояние подвижных средств радиосвязи должно контролироваться с использованием информации о данных средствах радиосвязи, получаемой по радиоканалу (каналу управления). Результаты мониторинга состояния оборудования должны быть доступны как через штатное программное обеспечение системы мониторинга ЦСТР стандарта GSM-R, так и в ЕСМА.

Взгляд в будущее

В настоящее время системы беспроводной связи входят в число наиболее динамично развивающихся видов техники. Наиболее перспективным стандартом беспроводной связи для железнодорожного транспорта в скором будущем может стать стандарт LTE. Пропускная способность систем этого стандарта, возможности их применения для решения задач, стоящих перед железнодорожной радиосвязью (включая задачи обеспечения клиентской радиосвязи), позволят заменить несколько разных систем радиосвязи, решающих отдельные функциональные задачи, одной, более удобной и надежной. Отметим, что сегодня мировой и отечественный опыт применения систем ука-

занного стандарта на железнодорожном транспорте (включая высокоскоростной) невелик, а стоимость оборудования стандарта LTE заметно выше, чем стандарта GSM-R. Однако через несколько лет ситуация может измениться. **IT**

Литература

1. European Integrated Railway Radio Enhanced Network¹ (EIRENE). Functional Requirements Specification² (FRS). Version 7.3.0 (8 March 2012).
2. European Integrated Railway Radio Enhanced Network (EIRENE). System Requirements Specification³ (SRS). Version 15.3.0 (8 March 2012).
3. IEC 62278:2002 (EN 50126-1:1999) Railway applications – The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)⁴.
4. BS EN 50159:2010 Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety-related communication in transmission systems⁵.
5. UIC ERTMS/GSM-R Operators Group⁶, GSM-R Industry Group⁷ – REFERENCE O-2475 3.0. ERTMS/GSM-R Quality of Service Test Specification⁸.

¹ Европейская интегрированная железнодорожная радиосеть с расширенными возможностями.

² Функциональные требования.

³ Технические требования.

⁴ «Железнодорожные приложения – Определение и подтверждение выполнения требований по надёжности, готовности, ремонтпригодности и безопасности».

⁵ «Железнодорожные приложения – Системы связи, сигнализации и обработки данных – Безопасная передача данных в системах связи».

⁶ Группа операторов ERTMS/GSM-R Международного союза железных дорог.

⁷ Группа производителей оборудования GSM-R.

⁸ Требования к проведению измерений параметров качества обслуживания в сети ERTMS/GSM-R.