

радиосеть управления и сбора данных для железнодорожных приложений

ООО «НЦПР» (Технический бюллетень)

В данной статье представлена краткая информация о возможностях узкополосных технологических радиосетей управления и сбора данных в интересах организации перспективной командной радиосети обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог. Описаны некоторые особенности использования вышеуказанных технических средств, применительно к созданию автоматизированной системы управления движением с использованием современных методов и алгоритмов.

Изложенные в статье общие принципы организации технологических радиосетей могут успешно применяться на распределенных объектах в других отраслях промышленности и транспорта.

Статья предназначена для руководителей и технических специалистов, связанных с организацией работы железнодорожного транспорта, управления напольным оборудованием, удаленного сбора производственной телеметрии, а также компаний-интеграторов, разрабатывающих и внедряющих автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) в промышленности и на транспорте.



Мы благодарим руководство компании «АВП-технология» (<http://www.avpt.ru>), лидера в отрасли автоматизации процессов управления подвижным составом железных дорог, за возможность публикации настоящих материалов.

1. Общая информация

Последовательное развитие подвижного состава и железнодорожной инфраструктуры в условиях возросшей интенсивности перевозок обусловили необходимость коренного пересмотра применяемых в настоящее время способов управления движением поездов с учетом обеспечения необходимого уровня безопасности. В связи с этим за рубежом были разработаны и приняты целевые программы, предусматривающие внедрение современных методов управления движением, использующих последние достижения в области микропроцессорной техники, средств навигации и радиосвязи. Актуальность этой задачи для ОАО «Российские железные дороги» и предприятий промышленного железнодорожного транспорта также не вызывает никаких сомнений.

В настоящее время в интересах обеспечения работы железнодорожного транспорта используются различные беспроводные средства связи и обмена данными, информация о которых представлена ниже.

1. Использование радиочастотного ресурса и систем связи в интересах различных задач на железнодорожном транспорте.

№	Область применения	США, Канада	Европа	Россия
1	Диспетчеризация движения поездов на магистральных и высокоскоростных линиях	220 МГц/GSM/ CDMA	GSM/GSM-R	GSM/GSM-R/ TETRA
2	Диспетчеризация малодеятельных линий	220 МГц/GSM/ CDMA	GSM/TETRA	Отдельные проекты на основе применения спутниковой связи
3	Диспетчеризация подвижного состава	220 МГц/GSM/ CDMA	GSM-R	GSM/GSM-R/ TETRA
4	Диспетчеризация ремонтных работ на инфраструктуре	220 МГц/GSM/ CDMA	GSM-R	GSM
5	Мониторинг опасных грузов	GSM/CDMA	GSM	GSM для отдельных категорий грузов
6	Интервальное регулирование движения поездов (ИРДП)	220 МГц, Wi-Fi	GSM-R (активно прорабатывается возможность перехода на IP поверх GSM-R/ TETRA/LTE)	160 МГц DMR/ GSM-R
7	Автоматизация маневровой работы	220 МГц/Wi-Fi	220 МГц	160 МГц/DMR/ GSM-R/TETRA

В настоящее время выделенные непосредственно для нужд ОАО «РЖД» частотные ресурсы, предназначенные для построения систем управления движением и обеспечения безопасности, распределяются примерно следующим образом:

- 2 МГц — резервирующий радиоканал систем управления соединенных и тяжеловесных поездов;
- 160 МГц — радиоканалы систем управления соединенных и тяжеловесных поездов, станционных систем передачи данных на малодеятельных участках, резервирующий канал при использовании в системах управления радиосетей общего пользования;
- 460 МГц — системы управления маневровыми локомотивами на станциях;
- 900/1800 МГц — поездная радиосвязь и ИРДП на скоростных и высокоскоростных участках;
- 1800, 2400 МГц — станционные высокоскоростные сети передачи данных для информационно-управляющих систем, организации видеонаблюдения.

Диапазон УКВ (160 и 460 МГц) задействуется в интересах обеспечения повседневного функционирования практически всех железнодорожных служб. Обмен цифровой информацией в этом диапазоне в интересах решения задач сбора данных и дистанционного управления в составе технологических радиосетей¹ или по выделенным каналам связи, обслуживающим функционирование автоматизированных информационно-управляющих систем различного назначения, производится с помощью радиомодемов. В ОАО «РЖД», на промышленном железнодорожном транспорте Российской Федерации и за рубежом за последние несколько десятков лет с задействованием радиомодемов хорошо отработаны следующие функциональные задачи:

- мониторинг состояния тормозной системы железнодорожного состава и контроль отрыва вагона;
- управление объектами электроснабжения железнодорожного транспорта;
- мониторинг окружающей среды и обеспечение безопасности;
- обеспечение функционирования средств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ);
- дистанционное управление маневровыми работами на станциях;
- интервальное регулирование движения и диспетчерское управление на станциях и перегонах.

Такие широкие области применения радиомодемов на железнодорожном транспорте определены техническими возможностями и особенностями используемой при их создании технологии, к которым относятся:

- надёжность среды передачи (линия передачи не подвергается механическим повреждениям и разрушающему влиянию окружающей среды, а ее качество контролируется соответствующими государственными органами);
- существенно большая по сравнению с более высокими частотными диапазонами дальность передачи данных и, соответственно, более простая инфраструктура создаваемой с помощью радиомодемов технологической радиосети при приемлемых скоростях обмена данными;
- возможность формирования радиосети повышенной надежности² и живучести³;

- обширная оперативная зона с возможностью ее расширения за счет ретрансляции сигнала (отдельные реально развернутые на территории Российской Федерации радиосети сбора данных и управления имеют сплошную зону покрытия вдоль распределенного объекта шириной несколько десятков и общей протяженностью несколько тысяч километров);
- применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в близком к реальному масштабу времени и обеспечивающих гарантированную доставку данных в установленные регламентом работы радиосети сроки;
- относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и приемлемые для большинства использующих радиосеть автоматизированных систем управления задержки в доставке данных;
- высокая безопасность данных, циркулирующих в технологической радиосети (применяемые технологии обеспечивают защиту от подавления, перехвата или несанкционированного доступа к работе в составе технологической радиосети);
- относительно низкая стоимость создания и эксплуатации;
- независимость от «чужой» инфраструктуры связи и возможность развивать ее исходя из реальных требований (радиосеть принадлежит собственно пользователю, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться им самостоятельно);
- совместимость с разнородным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и детально отработанным интерфейсам;
- простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе;
- возможность надежной эксплуатации в жестких условиях практически во всех климатических зонах, включая районы, расположенные за полярным кругом.

Последнее приобретает все большее значение в связи с активизацией хозяйственной деятельности в арктических районах Российской Федерации.

2. Области применения радиосетей управления и сбора данных для железных дорог

На первых железных дорогах, когда между станциями не было средств связи для передачи сообщений об отправлении и прибытии поездов, их движение осуществляли по следующему принципу: один поезд от другого, движущегося в том же направлении, отделяли промежутком времени. При таком способе задержка поезда в пути создавала опасность наезда на него идущего сзади состава. С ростом интенсивности движения поездов было выработано правило, по которому на перегоне должен находиться только один поезд, для чего между станциями, ограничивающими перегон, были устроены линии связи для передачи сведений об отправлении и о прибытии поездов, а также для согласования очередности их пропуска по перегону.

В настоящее время регулирование и безопасность движения поездов по перегонам и станциям обеспечивается железнодорожными системами автоматики и телемеханики. Изначально основной целью внедрения вышеуказанных систем являлось увеличение пропускной способности железнодорожных линий и станций, перерабатывающей способности сортировочных узлов, а также повышение

производительности и безопасности железнодорожного транспорта. С этой целью на железнодорожном транспорте была создана система интервального регулирования, использующая комплекс технических средств ЖАТ, в состав которого входят различные устройства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ).

Современный технический комплекс интервального регулирования движения поездов (ИРДП) состоит из трех подсистем: устройств на перегоне, на станции и на участке, оборудованном диспетчерской централизацией. К основным средствам интервального регулирования движения поездов относятся: автоматическая блокировка (АБ) — в составе диспетчерской централизации или самостоятельно; полуавтоматическая блокировка (ПАБ) для участков с неинтенсивным движением; автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС); автоматическая переездная сигнализация (АПС) и автошлагбаумы.

Автоматическая блокировка в настоящее время является наиболее совершенным средством регулирования движения поездов. При автоблокировке железнодорожные пути перегона делятся на блок-участки с помощью изолирующих стыков, возле которых устанавливаются проходные автоматически действующие светофоры, связанные между собой рельсовыми цепями (РЦ). Длина блок-участка равна расстоянию между смежными светофорами, причём она должна быть не менее тормозного пути при служебном торможении поезда, двигающегося с максимальной разрешенной скоростью, и составляет 1000-2600 метров. При трехзначной автоблокировке каждый светофор может подавать один из трех сигналов: зеленый — разрешающий движение, когда впереди свободны не менее двух блок-участков; желтый — разрешающий движение с ограниченной скоростью (впереди свободен только один блок-участок); красный — запрещающий движение (поезд должен остановиться перед светофором). Интервал времени между поездами при этой системе составляет 8-10 минут.

Управление техническими средствами ИРДП в настоящее время производится по проводным каналам обмена данными, поскольку принято считать, что проводные средства связи и обмена данными являются наиболее надёжными. Они позволяют оперативно передавать информацию на большие расстояния, а отработанные и освоенные современные технологии в области связи значительно упрощают этот процесс. В общем случае, волоконно-оптический или медный кабель, который является средой передачи данных, обладает достаточно высокой защитой и может эксплуатироваться на протяжении длительного периода времени. А вот беспроводная связь между объектами на земной поверхности организуется с использованием в качестве среды передачи атмосферу, которую, в отличие от кабеля, нельзя «увидеть и пощупать», а потому и считать надёжной. Но именно среда передачи является наиболее слабым звеном проводных систем технологической связи по сравнению с беспроводными.

Кабельная система является искусственным объектом, предназначенным для длительной эксплуатации. В связи с этим она постоянно подвергается воздействию окружающей среды. А природа всегда берет свое: сезонные подтопления часто приводят к снижению характеристик кабеля или нарушениям связи, проложенные в потерях кабели подвергаются атакам грызунов и могут быть легко повреждены при проведении работ, воздушные линии связи рвутся в результате обледенения. Даже пожаробезопасные кабели поддерживают распространение огня между помещениями и закрытыми зонами. Использование кабельных средств связи в районах вечной мерзлоты, ставшая весьма актуальной в связи с промышленным освоением Арктики и развертыванием железнодорожной инфраструктуры в этом регионе, оказывается под большим вопросом. Со временем кабель теряет свои характеристики в результате старения материалов, из которых он изготовлен. Поиск и устранение неисправностей в распределенной кабельной сети связаны с серьезными трудностями и затратами усилий и времени,

поскольку при этом недостаточно просто определить место аварии, но необходимо получить доступ к нему. В случае техногенных аварий или природных катастроф кабельные системы оказываются наиболее уязвимыми.

Так во время землетрясения в Новой Зеландии в 2016 году первыми были полностью выведены из строя волоконно-оптические линии связи. Это обусловлено особенностями, связанными с требованиями к их прокладке, обеспечивающими минимальные потери при передаче информации. Кабельные линии связи на медных кабелях пострадали в меньшей степени, но нанесенный ущерб не позволил продолжить их дальнейшую эксплуатацию без серьезных ремонтно-восстановительных работ. В связи с этим ответственные объекты были переведены на работу через резервные беспроводные сети связи, а использовавшие технологические радиосети обмена данными в качестве основных продолжили их эксплуатацию, на отдельных объектах — после незначительных ремонтно-восстановительных работ.

Не следует забывать, что проводные средства связи невозможно широко использовать при подключении подвижного состава.

Среда передачи данных технологических радиосетей является естественной и не требует усилий и затрат на поддержание ее характеристик. Природные явления практически не влияют на рабочие параметры таких радиосетей, которые остаются стабильными на протяжении всего периода эксплуатации, как в обычной обстановке, так и в чрезвычайных ситуациях. Порядок использования радиочастотного спектра контролируется государством, что позволяет применять технологическую радиосеть обмена данными в ответственных системах в качестве основной или резервной.

Инфраструктура железнодорожного транспорта относится к категории критически важных объектов⁴. В связи с этим надёжность и живучесть являются наиболее важными требованиями к средствам обмена данными, применяемым для обеспечения функционирования системы управления ею. Это в полной мере относится к перспективной командной радиосети обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог.

Таким образом, с технической точки зрения технологическая радиосеть обмена данными представляется наиболее эффективным инструментом для обеспечения функционирования автоматизированных систем различного назначения на железнодорожном транспорте и фактически единственным для удаленного подключения подвижного состава.

(продолжение следует)

Сноски

1. **Технологическая сеть связи** ([англ. private network](#)) – предназначена для обеспечения производственной деятельности организаций, управления технологическими процессами в производстве. Технологии и средства связи, применяемые для создания технологических сетей связи, а также принципы их построения устанавливаются собственниками или иными владельцами этих сетей. [Федеральный закон «О связи» от 07.07.2003 N 126-ФЗ]. ↩
2. **Надёжность** ([англ. reliability](#)) – [свойство системы](#) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и транспортирования [ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»]. ↩

3. **Живучесть** (*survivability*) – свойство системы, характеризующееся способностью выполнять установленный объём функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения»]. ↩
4. **Критически важный объект** - объект, нарушение или прекращение функционирования которого приведет к потере управления экономикой Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или административно-территориальной единицы субъекта Российской Федерации, ее необратимому негативному изменению (разрушению) либо существенному снижению безопасности жизнедеятельности населения [ГОСТ Р 22.0.02-2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения»]. ↩