

Продолжение. Начало в № 2'2020

# Радиосеть управления и сбора данных

для железнодорожных приложений. Часть 3

**Третья часть статьи посвящена использованию радиомодемов Viper-SC+ в АСУ интеллектуального железнодорожного транспорта, а также организации и особенностям перспективной командной радиосети обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог. Автор благодарит руководство компании «АВП-технология» за возможность публикации настоящих материалов.**

**Сергей Маргарян**

**В** качестве одного из возможных вариантов обслуживания работы современных систем интервального регулирования движения поездов и ряда других АСУ, разворачиваемых в соответствии с документом «Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ на период до 2030», целесообразно рассмотреть радиотехническую платформу Viper-SC, хорошо зарекомендовавшую себя в ряде проектов, реализованных в России, других государствах СНГ и в мире.

В настоящее время данная радиотехническая платформа содержит следующее оборудование:

- симплексный/полудуплексный радиомодем-маршрутизатор Viper-SC+;
- симплексный/полудуплексный радиомодем-маршрутизатор Viper-SC+ с двумя антеннами;
- симплексная или полудуплексная базовая станция Viper-SC+;
- симплексная или полудуплексная базовая станция Viper-SC+ повышенной надежности и живучести.

Технические характеристики оборудования радиотехнической платформы Viper-SC+ представлены в таблице 1.

Радиомодем-маршрутизатор Viper-SC+ представляет собой устройство, обеспечивающее обмен данными в стационарной технологической радиосети по IP-протоколу на скоростях 4,8–256 кбит/с в канале с шагом сетки радиочастот 6,25; 12,5; 25; 50 или 100 кГц. Повышение пропускной способности радиосети поддерживается улучшенной версией протокола с технологией исключения столкновений пакетов FAMA (Floor Acquisition Multiple Access), а также использованием алгоритма уплотнения данных, обеспечивающего эффективное сжатие (максимальная пропорция 1:10). Настройка радиомодема выполняется через веб-интерфейс.

Базовая станция Viper-SC+ имеет встроенную функцию автоматической подстройки скорости обмена данными в радиосети в зависимости от уровня принимаемого сигнала. В территориально распределенных радиосетях базовая станция обеспечит более высокую скорость обмена данными с объектами, находящимися относительно близко, и надежную работу на более низкой скорости с объектами, расположенными на максимальном удалении.

В варианте исполнения с повышенной надежностью и живучестью все составляющие базовую станцию компоненты резервируются, а примененная схема управления предусматривает автоматический переход на резервные компоненты в случае выхода из строя основных, обеспечивая тем самым непрерывность работы в аварийных ситуациях.

Радиомодем Viper-SC+ может быть настроен для работы как IP-маршрутизатора, так и сетевого моста. Он поддерживает передачу данных с использованием IP-протоколов TCP, UDP, ICMP, IGMP, SNMP и способен выступать и клиентом, и сервером DHCP. Обеспечивается IP-фрагментация (IP-fragmentation), трансляция сетевых адресов (NAT — Network Address Translation), динамическая маршрутизация RIPv2, использование протокола определения адресов (ARP — Address Resolution Protocol).

В отличие от «прозрачных» радиомодемов, транслирующих данные в эфир без изменений, Viper-SC+ производит их предварительное пакетирование, после чего передает в радиосеть в адрес индивидуально, группе абонентов или циркулярно. При этом обеспечиваются:

- автоматическое определение основного и резервного маршрутов доставки сообщений;
- работа в симплексном режиме;
- использование в качестве маршрутизатора или моста;
- работа в качестве ретранслятора (прием-регистрация-передача);

- поддержка множественной ретрансляции (не менее четырех ретрансляций);
- поддержка ретрансляции по основному и резервному каналам;
- повышенная пропускная способность;
- конфигурирование с использованием веб-интерфейса и удаленная загрузка встроенного программного обеспечения по радиоканалу;
- автоматическая оптимизация скорости обмена данными в случае использования в радиосети с базовой станцией Viper-SC+.

Оборудование Viper-SC+ имеет встроенную диагностику и позволяет организовать автоматический сбор данных о текущем техническом

состоянии в реальном масштабе времени. Диагностическая информация передается через задаваемый в настройках интервал времени. Для ее получения не требуется отдельного запроса, диагностические данные прикрепляются к отправляемому пакету данных, сводя загрузку радиоканала к минимуму. Сбор диагностической информации может производиться с использованием протокола SNMP или Telnet, не мешая работе системы управления и сбора данных. Эти данные включают следующую информацию:


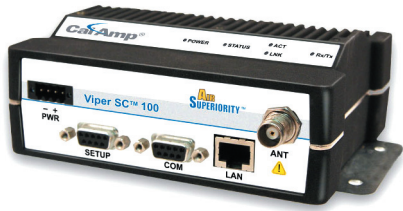
- температура внутри корпуса;
- напряжение питания;
- сигналы RSSI;

- мощность прямой волны;
- мощность обратной волны;
- количество сбоев (PER — Packet Error Rate).

Эти данные необходимы для оценки текущего состояния радиосети средствами Единой системы мониторинга и администрирования (ЕСМА) сети связи ОАО «РЖД».

Радиотехническая платформа Viper-SC+ позволяет эффективно решать функциональные задачи в интересах интеллектуального железнодорожного транспорта в специализированных автономных радиосетях для каждого перегона с разделением в пространстве, во времени и по радиочастоте перегонов индивидуально

Таблица 1. Технические характеристики оборудования радиотехнической платформы Viper-SC+

Характеристика		Радиотехническая платформа Viper-SC+			
Диапазон частот		ОВЧ		УВЧ	900 МГц
Внешний вид					
Диапазон частот, МГц		136–174		215–240	406–512
Шаг сетки частот, кГц		6,25; 12,5; 25; 50 (настраивается программно)		12,5; 25; 50; 100 (настраивается программно)	
Тип излучения		3К5F1D (6,25 кГц), 8К30F1D (12,5 кГц), 16К8F1D (25 кГц), 34К0F1D (50 кГц)			
Потребляемый ток:	прием, мА	600 мА (10 В); 300 мА (20 В); 225 мА (30 В)			
	передача 40 дБм (10 Вт), А	4,6 А (10 В); 2,04 А (20 В); 1,37 А (30 В)			
	передача 30 дБм (1 Вт), А	1,4 А (10 В); 800 мА (20 В); 600 мА (30 В)			
Номинальная задержка при холодном старте, с		35			
Рабочее напряжение, В		10–30, постоянный ток			
Рабочая температура, °С		–40...+70			
Температура хранения, °С		–45...+85			
Влажность, %		5–95 (без образования конденсата)			
Габаритные размеры (Ш×Г×В), см		13,97×10,8×5,4			
Масса (в упаковке), кг		1,1			
Рабочий режим		симплекс или полудуплекс			
<b>Приемник</b>					
Чувствительность (вероятность ошибки 1×10 <sup>-6</sup> ), дБм:	25 кГц	–114 (16 кбит/с), –106 (32 кбит/с), –100 (48 кбит/с), –92 (64 кбит/с)		–111 (16 кбит/с), –104 (32 кбит/с), –97 (48 кбит/с), –89 (64 кбит/с)	
	12,5 кГц	–116 (8 кбит/с), –109 (16 кбит/с), –102 (24 кбит/с), –95 (32 кбит/с)		–112 (8 кбит/с), –106 (16 кбит/с), –99 (24 кбит/с), –90 (32 кбит/с)	
Подавление помех по соседнему каналу, дБ		45 (6,25 кГц), 60 (12,5 кГц), 70 (25 кГц), 75 (50 кГц)		60 (12,5 кГц), 70 (25 кГц), 75 (50 кГц)	
Интермодуляция, дБ		> 75 дБ			
Избирательность, дБ		> 70 (25 кГц); > 60 (12,5 кГц); > 55 (6,25 кГц)			
<b>Передатчик</b>					
Полоса пропускания без подстройки, МГц		38	25	64 (406,1–470) 62 (450–512)	22; 32
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт		1–10		1–8	
Время атаки, мс		< 1			
Время переключения между каналами, мс		< 15			
Время переключения с приема на передачу, мс		< 2 (< 4 для модели, сертифицированной по европейским стандартам)			
Импеданс, Ом		50			
Цикл работы на передачу, %		100			
Стабильность частоты, ppm		1	0,5	1	0,5
<b>Модем</b>					
Скорость, кбит/с		4, 8, 16, 32, 64, 128* и 256**			
Интерфейсы		последовательный RS-232 (DB9), Ethernet 10Base-T			
Антенна		TNC («мама») — прием/передача, SMA («мама») — прием (для дуплексных моделей)			
Индикация		питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, прием/передача, RSSI, температура			
Вид модуляции		2FSK, 4FSK, 8FSK, 16FSK			

Примечания.

\* Указана скорость обмена данными при работе с шагом сетки радиочастот 50 кГц.

\*\* Указана скорость обмена данными при работе с шагом сетки радиочастот 100 кГц.

или в составе диспетчерского участка, как это предусмотрено в системе АБЦТ-М. Однако она не располагает всеми возможностями, необходимыми для обеспечения функционирования современных распределенных автоматизированных систем на транспорте, и некоторыми важными атрибутами подвижной технологической радиосети обмена данными.

### Особенности перспективной подвижной радиосети интеллектуального железнодорожного транспорта

Разработка современной системы связи и обмена данными для ИРДП является основным условием перехода к интеллектуальному железнодорожному транспорту. Движение в этом направлении связано с увеличением объема данных, циркулирующих в технологических радиосетях между стационарными пунктами управления, локомотивами и устройствами ЖАТ. Такая радиосеть должна гарантированно обеспечить своевременное доведение данных до всех заинтересованных пользователей на всей дорожной сети и в любой штатной ситуации (ситуации со сбоями в работе и выходом из строя комплектов оборудования в такой радиосети должны обрабатываться как штатные, не приводящие к срыву работы АСУ).

В связи с этим формирование архитектуры радиосети для каждого перегона с ограничением объемов передаваемых данных и строгим расписанием трансляции представляется целесообразным: любой пользователь системы должен иметь возможность передачи требуемого в данный момент объема информации с гарантированным ее доведением в установленные сроки в любое время. Естественно, пропускная способность такой радиосети определяется на этапе проектирования исходя из имеющихся максимальных потребностей, но архитектура радиосети должна предусматривать возможность гибкого ее наращивания без замены ранее развернутых комплектов оборудования и изменения базовых первоначальных настроек.

Такие возможности в полной мере обеспечиваются специализированной радиотехнической платформой Paragon/Gemini, включающей оборудование для базовых станций, в том числе многочастотных и с повышенной надежностью и живучестью Paragon и подвижных объектов Gemini.

Оборудование данной радиотехнической платформы разработано специально для создания распределенных подвижных радиосетей обмена данными с практически неограниченным количеством базовых станций, работающих с использованием IP-протокола и формирующих единую зону электромагнитной доступности (ЭМД) для всех пользователей, которые могут свободно перемещаться в данной зоне без переключений в связи. Оно позволяет организовать хэндовер<sup>1</sup> (эстафетную передачу абонентов) между соседними базовыми станциями с автоматическим распределением нагрузки между базовыми станциями в общих зонах ЭМД. Надежность доставки данных обеспечивается встроенной функцией коррекции ошибок при передаче.

Базовый радиотехнический комплекс представляет собой приемопередающее устройство с открытой архитектурой, предназначенное для организации радиосети обмена данными с удаленными бортовыми радиомодемами. Он имеет в своем составе мощный приемопередатчик, радиомодем нового поколения на цифровом сигнальном процессоре с двумя адресуемыми последовательными портами RS-232, встроенным двухпортовым маршрутизатором Ethernet и портом USB, а также блок питания. Обеспечивает обмен данными в пакетном режиме с поддержкой протокола TCP/IP.

Бортовой навигационно-связной комплекс — это радиотехническое устройство с открытой архитектурой, объединяющее 32-канальную радиостанцию с малым временем атаки, радиомодем на базе мощного цифрового сигнального процессора, спутниковый навигационный приемник, два последовательных порта RS-232, сконфигурированных для терминального сервера, порт 10/100Base-T Ethernet с встроенным

маршрутизатором и порт USB, размещенные в едином корпусе. Работа обеспечивается через базовую станцию с использованием трех антенн (разнесенный прием) и применением технологии параллельного декодирования и интеллектуального объединения принимаемых сигналов. Аппаратура радиотехнической платформы позволяет существенно расширить функциональные возможности подвижных технологических радиосетей, обеспечив, наряду с оперативным обменом и трансляцией докладов о местоположении, передачу графической информации, файлов большого объема и видеоданных (по отдельному каналу).

Работа в радиосети на оборудовании радиотехнической платформы Paragon/Gemini организуется по протоколам UDP или TCP/IP с автоматическим сжатием пакетов данных. Применение сигнализации ООВ для передачи навигационной информации и данных о техническом состоянии позволяет существенно увеличить количество работающих на одном радиоканале подвижных объектов за счет автоматической передачи навигационной и диагностической информации при каждом сеансе связи. В аппаратуре реализована функция встроенной диагностики, которая позволяет получать информацию о техническом состоянии оборудования в реальном масштабе времени.

Типовая структура технологической радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте включает сеть базовых станций (БС), устанавливаемых вдоль железнодорожного пути и соединенных каналами магистральной проводной или беспроводной связи с пунктами сбора данных и управления. Каждая БС обеспечивает связь с группой поездов, находящихся в ее оперативной зоне. Зоны соседних БС полностью перекрывают друг друга, в результате формируется единая оперативная зона с повышенной надежностью и живучестью, работу в которой обеспечивает не менее двух базовых станций, каждая из которых может быть в отказоустойчивом исполнении. Переключение поездов на работу с соседней станцией осуществляется автоматически с учетом текущей загруженности соседних БС и уровней сигнала. Таким образом, отпадает необходимость в жестком определении точки выполнения хэндовера и привязке ее к границам перегона или зоны ЭМД заданной базовой станции. Учитывая, что рассматриваемое оборудование для конвенциональных радиосетей обмена данными использует открытый протокол TCP/IP, наращивание комплектов оборудования и создание многоканальных базовых станций в составе радиосети, равно как сопряжение с любой современной автоматизированной системой управления не представляет трудностей.

Связанные с наращиванием скорости обмена данными в подвижных технологических радиосетях технические проблемы получили решение в современных образцах радиомодемов, использующих технологию параллельного декодирования/интеллектуального объединения радиосигналов (Parallel Decoding/Smart Combining).

<sup>1</sup> Хэндовер (англ. Handover) — процесс автоматической передачи сеанса связи подвижного абонента от одной базовой станции к другой без нарушения и потери обслуживания.



Затухания радиосигнала возникают в определенных точках оперативной зоны базовой станции. На практике расположение таких точек определяется комбинацией сигналов, принимаемых в заданной точке оперативной зоны, и соотносится с длиной их волны. Если использовать два приемника с двумя разнесенными антеннами, то вероятность одновременного попадания двух антенн в точку затухания сигнала существенно снижается. Другими словами, если одна антенна попадет в зону затухания сигнала, вторая, как правило, будет находиться вне этой зоны.

Впервые данный принцип был реализован в радиомодемах Paragon<sup>PD</sup>/Gemini<sup>PD</sup> и получил дальнейшее развитие в радиомодемах ParagonG3/GeminiG3. Пространственное разнесение приемных антенн не является новым методом, но представляется чрезвычайно эффективным. Радиомодемы оснащены двумя приемниками с антеннами, позволяющими использовать данный принцип.

Пространственно-разнесенный прием может быть реализован двумя способами. Наиболее известным и широко применяемым является разнесенная коммутация, при которой из двух поступающих от приемных антенн сигналов детектируется только наиболее мощный. Такой способ позволяет увеличить процент успешно принятых сообщений, но на этом его преимущества и заканчиваются.

Разработчики вышеуказанных радиомодемов создали и запатентовали более совершенный способ, позволяющий использовать одновременно оба принимаемых сигнала. Одновременное использование двух принимаемых сигналов позволяет почти в два раза (реально — в 1,91) увеличить чувствительность приемника независимо от влияния эффекта затухания сигнала. Эта технология и получила наименование «параллельное декодирование/интеллектуальное объединение».

В результате одновременного приема сигнала на две антенны появляется возможность их применения в различных комбинациях, а не просто выбора наиболее мощного из них. Разработанная компанией технология интеллектуального объединения сигналов позволяет применять различные алгоритмы обработки в зависимости от относительной мощности и тренда (тенденции изменения) параллельно принятых сигналов. Например, если более мощный сигнал имеет тенденцию к ослаблению, предпочтение отдается менее мощному сигналу достаточной для использования мощности, который имеет тенденцию к усилению.

Практические результаты оценки эффективности технологии параллельного декодирования/интеллектуального объединения представлены в таблице 2. Эти данные демонстрируют преимущества рассматриваемой технологии при сравнении с работой аналогичной радиоприемной системы, использующей одну антенну, в различных условиях приема. Сравнение производилось для условий успешного приема 99% сообщений длиной 800 бит каждое.

Как видно из таблицы, радиомодемы, использующие технологию параллельного декодирования/интеллектуального объединения радиосигналов, позволяют улучшить

**Таблица 2.** Практические результаты оценки эффективности технологии параллельного декодирования/интеллектуального объединения

Модель затухания	Один приемник	Два приемника (PD)	Разница
Стационарный прием	-110,7 дБм	-113,5 дБм	2,8 дБ
Городская застройка	-98,7 дБм	-108,2 дБм	9,5 дБ
Сельская местность	-99,5 дБм	-109,5 дБм	10 дБ
Пересеченная местность	-99,3 дБм	-108,5 дБм	9,2 дБ

параметры принимаемого сигнала практически на 10 дБ, что соответствует увеличению мощности передатчика радиомодема в аналогичной по своим характеристикам радиосети в 10 раз. Это обеспечивает расширение зоны уверенного приема радиосигнала без задействования дополнительных базовых станций. В случае когда необходимость расширения зоны электромагнитной доступности отсутствует, рассматриваемая технология позволяет серьезно увеличить надежность радиосети и ее живучесть, поскольку обеспечивает повышение процента корректно принимаемых с первой попытки сообщений, в том числе в сложной помеховой обстановке. Сокращение количества повторно передаваемых сообщений приводит к существенному росту пропускной способности и сокращению времени реакции системы.

Размер оперативной зоны и количество повторно передаваемых сообщений оказывают серьезное влияние на пропускную способность. При необходимости повторной передачи сообщений в радиосети обмена данными, работающей на скорости 19,2 кбит/с, ее пропускная способность для отдельных видов данных (коротких сообщений) может сократиться в 10 раз.

Другим фактором, влияющим на снижение пропускной способности, является избыточная информация, необходимая для реализации функции коррекции ошибок. Нельзя считать корректным утверждение типа: «Наш протокол использует алгоритм коррекции ошибки, имеющий 25% избыточности, поэтому пропускная способность в нашей радиосети составляет  $19,2 \times 0,75 = 14,4$  кбит/с». Несмотря на то, что такое утверждение в принципе соответствует действительности, оно верно только отчасти.

Простые расчеты, подобные приведенному выше, игнорируют многие важные факторы, которые должны учитываться при оценке пропускной способности. К ним, например, относятся адресация, порядковые номера пакетов данных, алгоритмы обнаружения ошибки и подтверждения приема сообщений. Все данные, которые добавляются к информационному сообщению не пользователем, а средствами системы (а не только избыточные данные, необходимые для реализации функции коррекции ошибки), являются непроизводительными (служебными) и отражаются на ее реальной пропускной способности.

Не менее серьезное влияние на пропускную способность оказывает время «атаки» передатчика (набора передатчиком мощности, необходимой для начала передачи данных) и стабилизации по частоте. Этот важный компонент «накладных расходов» очень часто недооценивается, поскольку он не оказывает серьезного влияния на работу речевых каналов связи, где процесс нажатия тангенты радиостанции и начала пере-

дачи речевого сообщения занимает не менее четверти секунды. В случае с обменом данными все обстоит совсем иначе.

Для иллюстрации этого положения были проведены сравнительные испытания радиомодема Gemini<sup>PD</sup> (время «атаки» — менее 10 мс) и другого радиомодема с аналогичными параметрами, подключенного к серийно выпускаемой современной мобильной радиостанции одного из ведущих производителей оборудования этого класса (время «атаки» передатчика — 80 мс). В обоих случаях передавались одинаковые сообщения. В результате модель Gemini<sup>PD</sup> затратила на передачу 52 мс, а ее оппонент — 87 мс, или на 40% больше. При скорости обмена данными 19,2 кбит/с это соответствует дополнительной пропускной способности, равной 7680 бит/с.

Таким образом, повышение скорости обмена данными в узкополосных радиосетях, работающих в УКВ-диапазоне, связано с решением комплекса проблем, обусловленных необходимостью сохранения размеров зоны уверенного приема и поддержанием высокой пропускной способности. Эта задача может эффективно решаться при использовании современных технологий, реализованных в специализированном оборудовании, которые позволяют обеспечить достаточно высокий уровень надежности и живучести технологических радиосетей обмена данными.

## Организация работы перспективной командной радиосети обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог

Анализ представленных выше данных позволяет сделать вывод о том, что наиболее целесообразным техническим решением для перспективной командной радиосети обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог, является ее реализация в диапазоне УКВ, предпочтительно — ОВЧ.

С учетом заявленных требований по дальности работы и надежности связи целесообразно разбить радиосеть на две подсети обмена данными — основную и вспомогательную (аварийную). Основная подсеть должна использоваться для обмена всей оперативной информацией в процессе организации и управления движением поездов, а вспомогательная (аварийная) — для прямого обмена данными между локомотивом и напольным оборудованием и следующими в попутном направлении локомотивами между собой в повседневной обстановке и в случае сбоев в работе основной подсети.

**Основная подсеть обмена данными**

Основная подсеть обмена данными является главным сегментом перспективной командной радиосети обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог. Данная подсеть предназначена для организации цифровой связи между следующими объектами:

- станция — поезд;
- поезд — поезд;
- станция — ЖАТ;
- ЖАТ — поезд.

Она обеспечивает двусторонний обмен следующей информацией:

- Станция — поезд:
  - сигналы управления и оповещения, включая сигналы тревог;
  - навигационная и телеметрическая информация;
  - сигналы точного времени;
  - данные о местоположении и параметрах движения поезда;
  - данные о техническом состоянии бортовой аппаратуры, включая аппаратуру связи и обмена данными.
- Поезд — поезд:
  - навигационная и телеметрическая информация между поездами, следующими в попутном направлении.
- Станция — ЖАТ:
  - сигналы управления устройствами ЖАТ;
  - данные об оперативном состоянии устройств ЖАТ, включая сигналы тревоги;
  - данные о техническом состоянии устройств ЖАТ.
- ЖАТ — поезд:
  - данные об оперативном состоянии устройств ЖАТ, включая сигналы тревоги.

Основная подсеть обмена данными имеет централизованное управление, связь организуется по схеме «звезда» в пакетном режиме. Вся функционирующая в подсети информация передается через базовую станцию и доступна в пункте управления (ПУ) движением поездов в реальном масштабе времени. Соседние БС имеют перекрывающиеся оперативные зоны и подключаются к ПУ движением поездов

по проводным и беспроводным магистральным каналам связи.

БС основной подсети обмена данными размещаются вдоль железнодорожных путей и имеют в своем составе:

- антенно-фидерное устройство;
- базовый радиомодем повышенной надежности и живучести;
- подсистему питания;
- интерфейс подключения к магистральному каналу связи и обмена данными.

В качестве абонентов базовой станции выступают терминалы оператора ПУ движением поездов (подключаются по магистральным каналам связи и в настоящем документе не рассматриваются), бортовой радиотехнический комплекс (БРТК) поездов и устройства ЖАТ.

БРТК поезда оснащаются следующим комплектом средств подключения к основной подсети обмена данными:

- антенно-фидерное устройство;
- бортовой радиомодем;
- аппаратура обработки и отображения данных.

БРТК подключается к бортовой системе электропитания поезда.

Устройства ЖАТ оснащаются следующим комплектом средств подключения к основной подсети обмена данными:

- антенно-фидерное устройство;
- радиомодем.

Работа основной подсети обмена данными ведется в полудуплексном режиме (БС функционирует в дуплексном режиме) с использованием одной или нескольких пар радиочастот УКВ-диапазона.

**Вспомогательная (аварийная) подсеть обмена данными**

Вспомогательная (аварийная) подсеть обмена данными является сегментом перспективной командной радиосети, функционирующей на собственном радиочастотном ресурсе и предназначенным для организации прямого обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог. Данная подсеть обеспечивает цифровую связь между следующими объектами:

- поезд — поезд;
- ЖАТ — поезд.

Она позволяет организовать двусторонний обмен следующей информацией:

- Поезд — поезд:
  - навигационная и телеметрическая информация между поездами, следующими в попутном направлении.
- ЖАТ — поезд:
  - данные об оперативном состоянии устройств ЖАТ, включая сигналы тревог.

Вспомогательная (аварийная) подсеть обмена данными с напольным оборудованием имеет распределенное управление, связь организуется по схеме «каждый с каждым» в «прозрачном» режиме. Она устанавливается и поддерживается автоматически при попадании в зону электромагнитной доступности (ЭМД) БРТК попутных поездов и устройств ЖАТ.

В процессе работы каждый радиомодем функционирует в режиме поиска других радиомодемов на заданной частоте. При обнаружении БРТК попутно следующего поезда или устройства ЖАТ между ними происходит автоматический обмен навигационной и телеметрической информацией. Полученные данные используются поездами для регулирования скорости движения или экстренного торможения.

БРТК поезда оснащаются следующим комплектом средств подключения к аварийной подсети обмена данными:

- антенно-фидерное устройство;
- бортовой радиомодем;
- аппаратура отображения данных.

Устройства ЖАТ оснащаются следующим комплектом средств подключения к вспомогательной (аварийной) подсети обмена данными:

- антенно-фидерное устройство;
- радиомодем.

Работа вспомогательной (аварийной) подсети обмена данными ведется в полудуплексном режиме с применением одной пары радиочастот УКВ-диапазона.

Таким образом, рассмотренные в настоящей статье технологии предоставляют возможность создать современную командную радиосеть обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог, обладающую необходимыми характеристиками надежности и живучести и позволяющую внедрить перспективные алгоритмы и методы управления движением железнодорожного транспорта.

Предлагаемая принципиальная структура перспективной командной радиосети обмена данными между стационарными и подвижными объектами, входящими в структуру железных дорог, предусматривает формирование радиосети из двух взаимосвязанных подсетей обмена данными — основной и вспомогательной (аварийной). Работа таких подсетей организуется по принципу «звезда» и «каждый с каждым», что, соответственно, позволяет добиться гарантированного доведения информации до пользователей в случае отказов и сбоев в работе оборудования в звеньях «поезд — поезд», «поезд — станция» и «поезд — напольное оборудование». ■

