

Выпуск 15-03

## РАДИОСЕТЬ УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

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.

*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.*

(продолжение)

### 5. Возможности конвенциональных радиосетей обмена данными при использовании в составе системы управления движением на железнодорожном транспорте

Присущие системам связи GSM-R и TETRA ограничения в части обмена данными полностью отсутствуют в конвенциональных технологических радиосетях. Доступ к радиоканалу в таких радиосетях осуществляется напрямую, без использования промежуточного служебного канала, поэтому описанные выше задержки полностью отсутствуют.

Сравнительные данные о задержках при передаче данных в радиосетях TETRA, GSM-R и конвенциональных радиосетях представлены ниже.

Таблица 1. Сравнительные данные о задержках при передаче данных в радиосетях TETRA, GSM-R и конвенциональных радиосетях.

Наименование параметра	Радиосеть GSM-R <sup>1</sup>			Радиосеть TETRA	Конвенциональная радиосеть <sup>2</sup>
	CSD <sup>3</sup>	GPRS	GPRS		

<sup>1</sup> Данные приведены для реального сегмента сети сотовой связи стандарта GSM, «GSM/GPRS технологии в системах промышленной автоматизации», Control Engineering, декабрь 2008 года.

<sup>2</sup> Здесь и далее рассматриваются подвижные конвенциональные радиосети на радиомодемах Dataradio ParagonG3/GeminiG3 и Viper-SC, [www.calamp.com](http://www.calamp.com).

		<b>real COM</b>	<b>«клиент-сервер»</b>		
Средняя задержка в канале <sup>4</sup> , мс	600	500	1300	>300	25
<b>Минимальная/максимальная задержка в канале, с</b>	<b>500/900</b>	<b>300/1500</b>	<b>100/3900</b>	<b>&gt;500</b>	<b>22,5/27,5</b>
Заявленная скорость обмена данными, кбит/с	9,6	171,2 <sup>5</sup>	171,2	28,8 <sup>6</sup>	64
Средняя пропускная способность канала, кбит/с	8,168	5,152	4,904	-	-
Минимальная/максимальная пропускная способность канала, кбит/с	7,520/8,960	1,520/14,296	0,336/9,520	2,4/4,8 <sup>7</sup>	23,46/114,27 <sup>8</sup>

Для повышения объективности представленных в Таблице 6 данных необходимо отметить, что замеры параметров работы радиосети GSM производились на конкретном сегменте сотовой сети связи конкретного оператора и в конкретный период времени. Эти данные могут отличаться в зависимости от текущей нагрузки на сеть сотовой связи. Обеспечение стабильности параметров функционирования такой радиосети в части пропускной способности может быть обеспечена только за счет выделения для обмена данными отдельных канальных и радиочастотных ресурсов.

По оценке зарубежных специалистов, величина задержки при доставке данных в системах управления движением высокоскоростных поездов при скорости движения до 350 км/ч должна составлять не более 100 мс. Данному требованию соответствуют возможности только системы связи GSM-R и конвенциональной технологической радиосети. Следует отметить, что возможности системы связи

<sup>3</sup> **Circuit Switched Data** – технология передачи данных, разработанная для мобильных телефонов стандарта GSM. CSD использует один временной интервал для передачи данных на скорости 9,6 кбит/с в подсистему сети и коммутации, где они могут быть переданы через эквивалент нормальной модемной связи в телефонную сеть.

<sup>4</sup> Время от передачи запроса до получения доступа к каналу связи и готовности к передаче сообщения.

<sup>5</sup> Максимальная теоретическая скорость обмена данными при использовании всех восьми тайм-слотов в полосе 200 кГц (частотный ресурс для голосовой связи не предусматривается).

<sup>6</sup> Максимальная скорость обмена данными при использовании всех четырех «тайм-слотов» в полосе 25 кГц (частотный ресурс для голосовой связи не предусматривается).

<sup>7</sup> Указаны скорости обмена данными при обеспечении высокой и средней помехоустойчивости.

<sup>8</sup> Указаны данные при максимальном использовании встроенной функции сжатия данных при обеспечении высокой помехоустойчивости и ее отсутствии.

GSM-R по обмену данными весьма ограничены, кроме того, она считается устаревшей, поэтому не рассматривается в качестве основы для создания перспективных систем управления движением поездов.

Анализ представленных в Таблице 6 данных показывает следующее:

- 1). При работе в режиме CSD обеспечивается наиболее стабильный обмен данными, однако даже в этом случае разница между минимальным и максимальным значением пропускной способности составляет около 12%, а собственно скорость обмена данными относительно низка.
- 2). Разница между минимальным и максимальным значениями пропускной способности при работе с использованием GPRS составляет около 94% и 280% для GPRS real COM и GPRS «клиент-сервер», соответственно. Низкая стабильность данных показателей связана с одновременным использованием радиосети для обмена речевыми сообщениями, поток которых не может быть детерминирован.
- 3). Поскольку использование технологической радиосети связи стандарта TETRA предусматривается для подвижного приложения, в ней должны быть реализованы функции помехозащищенности. Номинальная скорость обмена данными в такой радиосети при обеспечении высокой помехозащищенности может составлять от 2,4 (один «тайм-слот») до 4,8 кбит/с (два «тайм-слота»). Использование для обмена данными большего количества «тайм-слотов» делает радиосеть неэффективной с точки зрения обмена «голосовыми» сообщениями, что является основной задачей такой радиосети.
- 4). В конвенциональной технологической радиосети обмена данными предусматривается только высокая помехозащищенность. Пропускная способность такой радиосети будет в значительной степени зависеть от применяемого встроенного метода сжатия данных, однако, для одинаковых потоков данных и выбранных методов сжатия параметры стабильности пропускной способности будут неизменными на протяжении всего срока эксплуатации.
- 5). Даже при условии использования всех радиочастотных ресурсов («тайм-слотов») пропускная способность радиосетей GSM-R и TETRA в части обмена данными оказывается ниже по сравнению со специализированными конвенциональными радиосетями. Это отставание является системным и сохранится в перспективе.

Типовая структура технологической радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте включает в себя сеть базовых станций (БС), устанавливаемых вдоль железнодорожного пути и соединенных каналами магистральной проводной или беспроводной связи с пунктами управления и сбора данных. Каждая БС обеспечивает связь с группой поездов, находящихся в ее оперативной зоне. В современных радиосетях на железнодорожном транспорте зоны соседних БС полностью перекрывают друг друга, в результате чего формируется единая оперативная зона с повышенной надежностью и живучестью. Переключение поездов на работу с соседней базовой станцией («хэндовер») осуществляется автоматически. 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.

Типовые схемы конвенциональной радиосети обмена данными на железнодорожном транспорте представлены ниже.

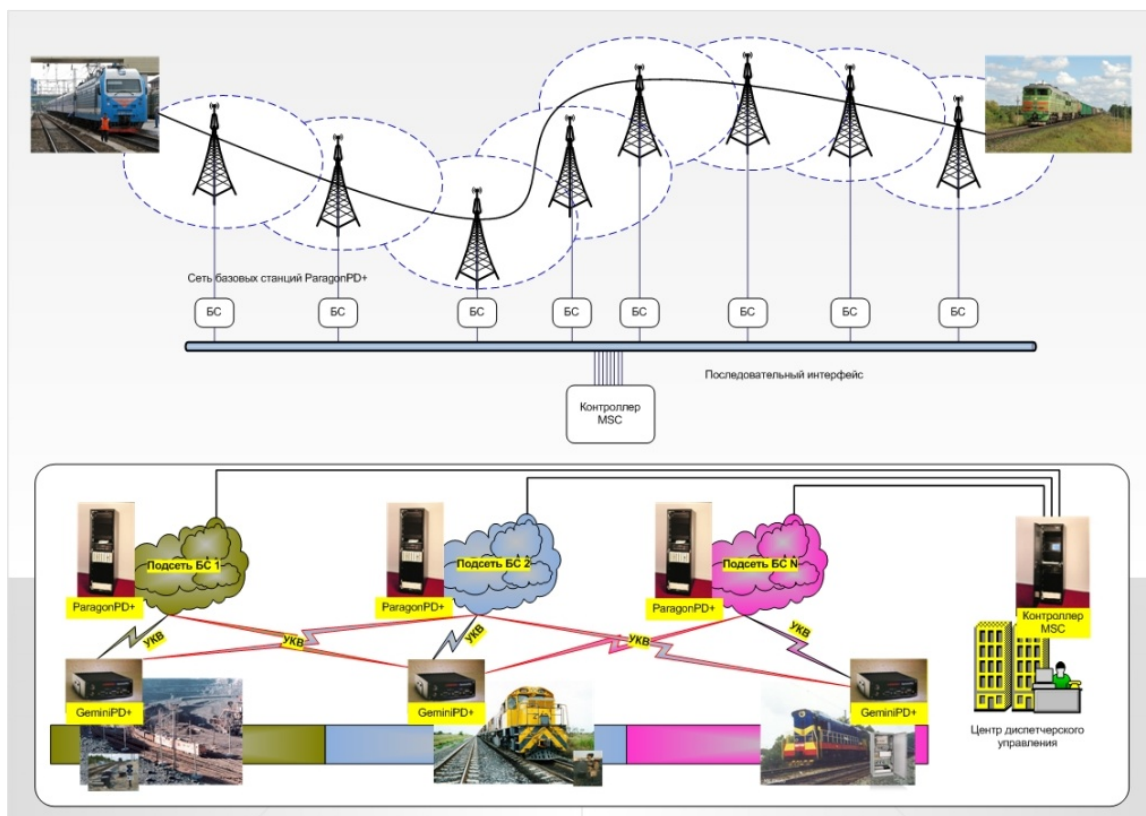


Рис. 1 Схема конвенциональной технологической радиосети обмена данными для системы управления движением на железнодорожном транспорте на базе радиомодемов Paragon<sup>PD+</sup>/Gemini<sup>PD+</sup>.

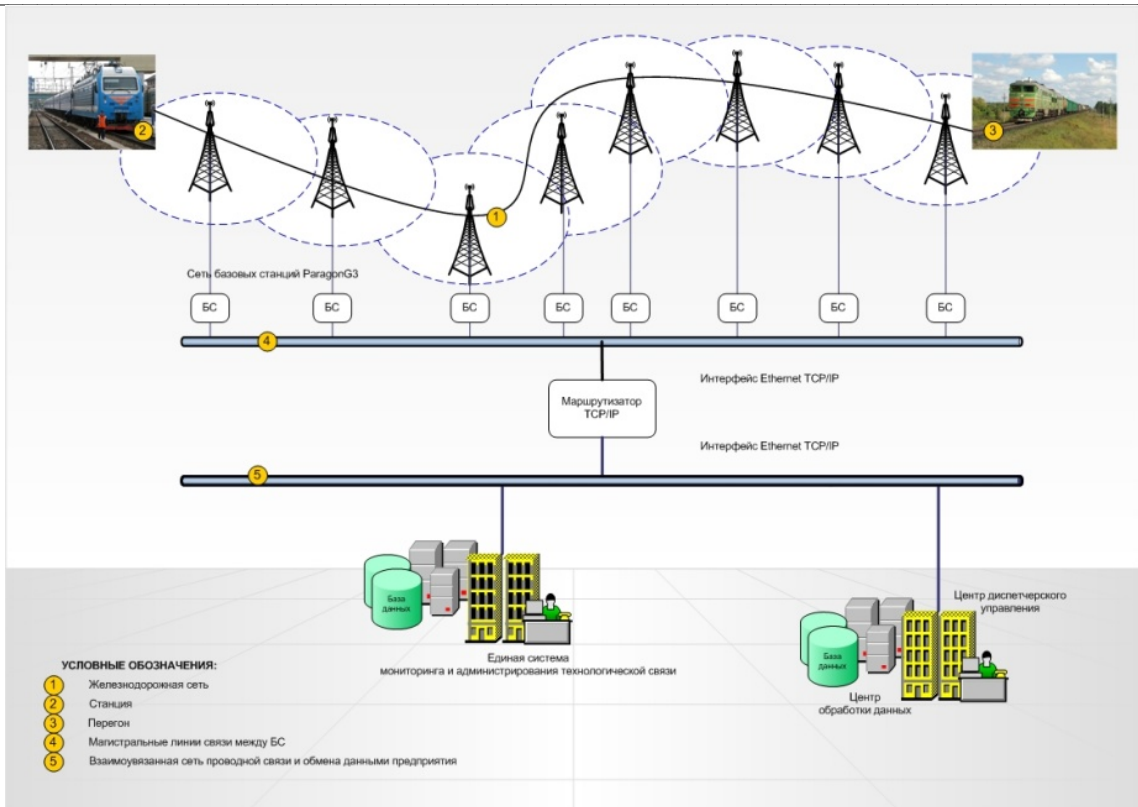


Рис. 2 Типовая схема конвенциональной радиосети обмена данными для системы управления движением на железнодорожном транспорте на базе радиомодемов ParagonG3/GeminiG3.

Принципиальным различием двух рассматриваемых схем является использование в первой из них последовательных интерфейсов, по которым каждая базовая станция Paragon<sup>PD+</sup> подключается к многобазовому контроллеру MSC (Multi-site controller), выполняющему функции централизованного технического управления и сопряжения с взаимоувязанной сетью проводной связи и обмена данными железнодорожной компании. Во втором случае применяется единый для всей конвенциональной технологической радиосети обмена данными интерфейс Ethernet и используется стандартное сетевое оборудование. Однако обе рассматриваемые схемы в полной мере удовлетворяют требованиям, установленным в «Белой Книге» ОАО «РЖД» и направленным на создание единого информационного пространства, интегрированного с информационными системами других видов транспорта и промышленности, а также иностранных железных дорог.

Следует помнить, что надежность любой системы определяется, в том числе, количеством входящих в ее состав компонентов и отдельных узлов – чем меньше их количество, тем проще, при прочих равных, обеспечить необходимый уровень надежности и живучести системы в целом. Это в полной мере относится к количеству базовых станций в составе технологической радиосети обмена данными: чем их меньше, тем проще система управления и обеспечения их работоспособности. Учитывая, что дальность связи в используемом конвенциональными радиосетями обмена данных ОБЧ диапазоне больше, чем в системах связи GSM-R и TETRA, инфраструктура таких радиосетей оказывается существенно проще и надежнее.

В отличие от радиосетей GSM-R и TETRA, предусматривающих использование в их составе не только мобильных, но и носимых связных терминалов с невысокой выходной мощностью (обычно от 0,9 до 3 Вт), в конвенциональных технологических радиосетях применяются единые терминалы с выходной мощностью 10 Вт. Это обеспечивает существенно большую, по сравнению с радиосетями GSM-R и TETRA, зону покрытия с позиции одной базовой станции, поскольку размер оперативной зоны базовой станции на практике будет определяться максимально возможной дальностью связи для самого маломощного оборудования, работающего в составе радиосети.

В настоящее время серийно выпускается оборудование для создания конвенциональных подвижных технологических радиосетей обмена данными в диапазонах 132-174, 215-240, 403-512, 700, 800 и 900 МГц. Оборудование для технологических радиосетей обмена данными УКВ-диапазона имеет встроенные средства диагностики, обеспечивающие удаленный доступ к текущим данным о техническом состоянии, и использует открытые интерфейсы, включая широко применяемый протокол обмена данными TCP/IP, что позволяет эффективно и просто интегрировать их в Единую систему мониторинга и администрирования технологической связи ОАО «РЖД», а также в системы технологической связи промышленного железнодорожного транспорта и метрополитенов.

Некоторые сравнительные характеристики базового оборудования для создания радиосетей GSM-R, TETRA и конвенциональных радиосетей представлены в ниже.

Таблица 2. Сравнительные характеристики оборудования для создания радиосетей GSM-R, TETRA и конвенциональных радиосетей.

Наименование параметра	GSM-R	TETRA	Viper-SC
Диапазон рабочих частот, МГц	876-880/921-925	380-400; 410-430; 450-470 806-825; 851-870; 871-876; 915-921	136-174, 215-240, 406-470, 470-512; 928-960
Количество доступных рабочих частот/каналов	19/152	до 1200/4800 в каждом поддиапазоне	1520; 1000; 2560; 1680; 1280
Шаг сетки радиочастот, кГц	200	25, 12,5	100, 50, 25, 12,5, 6,25
Выходная мощность базового оборудования, Вт	20-320	25	до 10
Дуплексный разнос частот, МГц	45	45	от 0,25 до 64

Выходная мощность мобильного терминала, Вт	до 10	до 10	до 10
Выходная мощность носимого терминала, Вт	до 2	до 3	-
<b>Номинальная дальность связи, км</b>	<b>8-10</b>	<b>12-15</b>	<b>25-30</b>
Минимально допустимый уровень сигнала, дБм	-95	-115	-116
<b>Время установления соединения, мс</b>	<b>3000-7000</b>	<b>&gt;300</b>	<b>25</b>
<b>Время аварийного вызова, мс</b>	<b>2000</b>	<b>&gt;300</b>	<b>25</b>
Функциональные возможности	Динамическая адресация, индивидуальный вызов по номеру поезда, аварийный и приоритетный вызовы, связь в пределах поезда, аварийная остановка поезда, группирование абонентов	Индивидуальный и групповой вызов	Динамическая адресация, использование индивидуальных, групповых и циркулярных адресов

Анализ представленных в Таблице 7 данных показывает, что оборудование для создания конвенциональных радиосетей может быть эффективно применено для обеспечения обмена данными во всех диапазонах радиоволн УКВ-диапазона, предусмотренных к использованию в ОАО «РЖД».

С точки зрения теории распространения радиоволн и учитывая протяженность российской сети железных дорог для организации поездной радиосвязи и системы интервального регулирования движения поездов на всех участках, включая скоростные и высокоскоростные, наиболее целесообразно использовать средства обмена данными, работающие в более низких, по сравнению с системами связи GSM-R и TETRA диапазонах волн. Понятно, что в этом случае число базовых станций и магистральных каналов для их подключения будет существенно меньше.

Следует учитывать, что при построении конвенциональных технологических радиосетей обмена данными УКВ-диапазона на рассматриваемом оборудовании в качестве магистральных каналов связи для удаленного подключения базовых станций допускается применение любых каналов связи соответствующей пропускной способности, в то время как в радиосетях GSM-R и TETRA в качестве основных предусмотрено использование дорогостоящих каналов связи E1. В связи с этим развертывание инфраструктуры конвенциональных радиосетей оказывается в разы, а иногда и на порядок дешевле.

Увеличение скорости обмена данными и пропускной способности конвенциональной радиосети достигается не только за счет наращивания комплектов оборудования для обслуживания дополнительных каналов связи (как и в радиосетях GSM-R и TETRA), но и использованием оборудования с более широкой полосой пропускания. В настоящее время серийно выпускается комплект оборудования для работы в каналах шириной 50 и 100 кГц со скоростью обмена данными 128 и 256 кбит/с, соответственно. Эффективность этого оборудования, производимого уже более пяти лет, оказывается несколько выше, чем даже у перспективной цифровой транкинговой системы связи и обмена данными TEDS – TETRA Enhanced Data System.

Таким образом, современные конвенциональные технологические радиосети обмена данными УКВ-диапазона являются надежным средством обеспечения работы АСУ различного назначения на железнодорожном транспорте. Они позволяют существенно расширить и дополнить возможности, предоставляемые системами связи GSM-R и TETRA, в части передачи информации о разрешенных параметрах движения поезда на локомотив, обеспечения надежности функционирования систем интервального регулирования с использованием радиоканала и средств спутниковой навигации, функционирования резервных каналов сбора данных и управления средствами железнодорожной автоматики и энергоснабжения. Результаты испытаний показали, что для подвижных АСУ, работающих в режиме времени, близком к реальному, такие радиосети были и реально остаются наиболее эффективным и практически единственным надежным решением.

(продолжение следует)

ООО «НЦПР»



Тел. +7 (499) 113 26 98  
Факс. +7 (499) 113 26 98  
Моб. +7 (915) 465 72 89  
E-mail: [sm@flexlab.ru](mailto:sm@flexlab.ru)  
<https://www.flexlab.ru>