

## 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.

## 6. Перспективные радиотехнические средства для систем управления движением на железнодорожном транспорте

Основная часть перспективных разработок специалистов европейских государств в части управления железнодорожным транспортом связана с использованием системы связи LTE-R, которая должна заменить действующие системы GSM-R в период 2025-2030 годы.

Сравнительные технические характеристики оборудования связи стандартов GSM-R и LTE-R представлено ниже.

### 7. Сравнительные технические характеристики оборудования связи стандартов GSM-R и LTE-R.

Характеристика	GSM-R	LTE-R
Рабочая частота	876–880, 921–925 МГц	450 и 800 МГц, 1,4 и 1,8 ГГц
Пропускная способность радиоканала	200 кГц	1,4–20 МГц
Максимальная скорость обмена данными	172 кбит/с	10/50 Мбит/с
Поддержка IP-протокола	Нет	Да
Вид модуляции, метод доступа к каналу связи	GMSK, TDMA	QPSK, 16-QAM, 64-QAM (OFDM, SCFDMA)
Пиковая спектральная эффективность	0,33 бит/с/Гц	2,55 бит/с/Гц
Максимальный радиус действия одной соты	8 км	4–12 км
Передача данных	Требуется соединение по голосовому каналу	Коммутация пакетов, трансляция данных по протоколу UDP <sup>1</sup>
Передача данных в пакетном режиме	Нет (только последовательный поток данных)	Ограниченные возможности (по протоколу UDP)
Разнесенный приём (MIMO) <sup>2</sup>	Нет	2 × 2
Надёжность эстафетной передачи пользователей между соседними базовыми станциями («хэндовер»)	≥ 99,5%	≥ 99,9%
Вариант реализации «хэндовера»	Техническими средствами	Программными средствами (без потери данных)
Допустимая максимальная скорость движения поезда	500 км/ч	500 км/ч
Состояние	Серийное производство	Разработка

Характеристика	GSM-R	LTE-R
Позиционирование на рынке	Планируется использовать до 2030 года	Согласование стандарта

В базовых системах связи GSM-R и LTE-R работа пользователей допускается только через базовую станцию. Несмотря на то, что такая централизация управления радиосетью представляется весьма полезной, некоторые прикладные задачи на железнодорожном транспорте требуют организации связи по принципу «каждый с каждым». С этой целью в перспективной системе связи LTE-R предполагается реализовать режим LTE ProSe (Proximity Services), который позволит абонентам радиосети LTE-R связываться между собой напрямую.

Следует отметить, что вышеуказанный режим будет доступен только в отдельных рабочих поддиапазонах системы связи LTE-R. В США для этих целей выделен диапазон 788-798 МГц, а в Южной Корее — 703-748 МГц.

Выходная мощность терминалов LTE-R составляет 200 мВт для Европейской зоны и 1 Вт для США. В результате исследовательских испытаний, проведенных в Бонне в 2014 году специалистами компаний Deutsche Telecom (Германия), Huawei (Китай) и Qualcomm (США), было установлено, что максимальная дальность связи терминалов LTE-R при работе в режиме «каждый с каждым» составили 550 метров на открытой местности, 350 метров в условиях города при наличии прямой радиовидимости и 170 метров в городских условиях при отсутствии прямой радиовидимости (работа по отраженному сигналу). Поскольку работы в процессе исследовательских испытаний велись на повышенной выходной мощности, проводившие испытания специалисты считают, что максимальная дальность работы терминалов LTE-R в реальной обстановке будет существенно меньше.

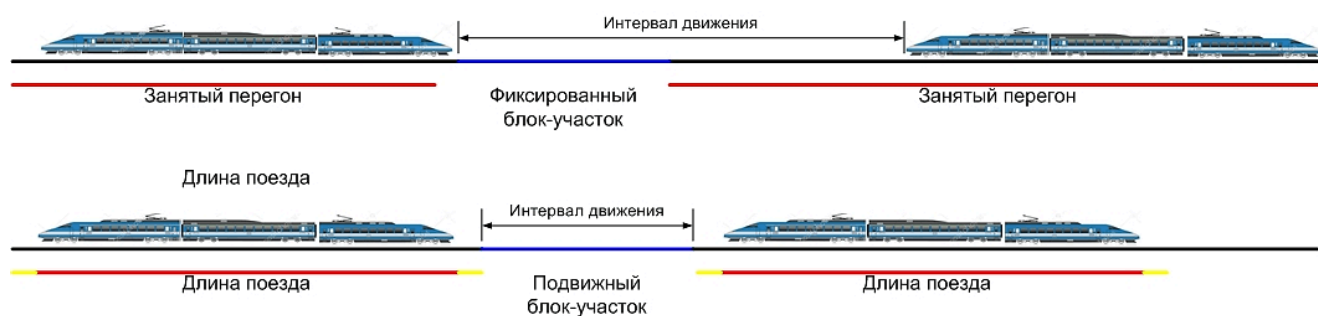
Система связи LTE-R является интегрированной. В связи с этим предполагается, что она будет предоставлять услуги голосовой связи и обмена данными для всех имеющихся на железнодорожном транспорте приложений, включая перспективное, так называемое, «Интернет интеллектуальных поездов»). Данное приложение предусматривает организацию подключения к информационной сети Интернет всех железнодорожных приложений, включая приложений пассажиров. По оценке зарубежных специалистов, для обслуживания данного приложения потребуется пропускная способность, равная 3,6 ГГц (предполагается, что потребуется обеспечить одновременную работу 130-180 пользователей, половина из которых будет использовать видео с высоким разрешением). В случае организации двустороннего обмена, например, проведения видеоконференции, эти потребности удваиваются до 7,2 ГГц, что не может быть обеспечено перспективной системой связи LTE-R, имеющей пропускную способность 20 МГц. Считается, что такая задача может быть решена только системами связи 5G или mmWave/sub-mmWave, работающими в диапазонах 28 и 300 ГГц соответственно.

Реальные потребности в пропускной способности систем управления движением поездов существенно скромнее и измеряются килогерцами. Однако, обмен данными в таких системах должен быть строго детерминированным, а работа должна быть организована в режиме реального времени, что не обеспечивается даже перспективными системами связи и обмена данными общего пользования.

## 6.1 Европа

Создание перспективной системы управления движением в Европе ведется в рамках программы СВТС (Communications-based train control), которая предусматривает автоматизацию технологических процессов в трех основных областях: безопасность, управление и контроль движения поезда. Система должна выполнять непрерывное автоматизированное управление поездом на основе сбора текущих данных о его местоположении и параметрах движения, а также постоянного информационного обмена между пунктом диспетчерского управления, поездами и ЖАТ. Программа предусматривает возможность организации движения поездов в автоматическом режиме без участия машиниста в процессе управления поездом на перегонах или на всем участке движения.

Схемы реализации автоматизированного управления движением железнодорожного транспорта, представлены ниже.



### 1. Схемы реализации управления движением железнодорожного транспорта.

Основной целью реализации программы СВТС является увеличение пропускной способности железных дорог за счет сокращения интервалов движения между идущими в одном направлении (попутными) поездами.

Традиционная система управления движением предполагает разделение маршрута на блок-участки и определение местоположения поезда по привязке к ним. Данные о местоположении транслируются по рельсовым цепям. Таким образом, интервал попутного следования определяется протяженностью блок участка, как указано на схеме. В зарубежной прессе системы управления, использующий описанный выше принцип, называются системами управления движением с фиксированными блок-участками.

В системе СВТС интервал попутного следования определяется максимальной длиной тормозного пути между двумя попутными поездами, который устанавливается с незначительным резервом, обеспечивающим необходимый уровень безопасности, как указано на схеме. Система автоматизированного управления непрерывно получает информацию о параметрах движения поездов попутного маршрута и устанавливает между ними безопасный интервал движения, протяженность которого меняется в зависимости от реальных условий движения.

В качестве составной части СВТС может рассматриваться проект ERTMS (European Railway Traffic Management System), предполагающий создание единой общеевропейской системы управления устройствами сигнализации, централизации и блокировки, использующей для работы систему связи GSM-R.

Несмотря на то, что проект ERTMS сулит значительные выгоды для железнодорожной отрасли, он пока не получил должного развития. Работы по проекту продолжаются, однако, в качестве основной причины задержек в реализации считается высокая стоимость системы связи GSM-R, неприемлемая для большинства участников данного проекта.

Наиболее далеко в реализации рассматриваемого проекта продвинулись Дания, Бельгия, Нидерланды, Люксембург, Италия, Испания и Австрия. Германия, Франция и ряд других стран Европейского союза в настоящее время разрабатывают планы мероприятий, направленных на ускорение реализации проекта.

В Дании разработан план реализации проекта до 2023 года в объеме всей железнодорожной сети страны. Общая стоимость реализации проекта оценивается в 2,6 млрд. Евро. Учитывая общую протяженность железных дорог страны, составляющую 3181 км, средняя стоимость оснащения километра пути составит более 815 тыс. Евро.

В Бельгии реализация проекта ведется с 2009 года только на скоростных линиях от г.Брюссель до границы с Германией и Нидерландами. В 2010 году принято решение о распространении проекта на всю железнодорожную сеть, длина которой составляет 3374 км. Общая стоимость проекта оценивается в 2 млрд. Евро или около 592 тыс. Евро на километр пути.

В Голландии разработан план оснащения средствами ERTMS всех международных и наиболее сильно загруженных внутренних железнодорожных путей до конца 2030 года. В настоящее время проект реализован на 10% этих путей, а техническими средствами оснащены 20% подвижного состава. Расчетная стоимость завершения реализации проекта составляет 2,3 млрд. Евро, или 884,6 млн. Евро на км.

В 1999 году в Люксембурге было принято решение о реализации проекта на всей железнодорожной сети общей протяженностью 300 км к концу 2017 года. Общая стоимость только оборудования СЦБ для данного проекта составили 70 млн. Евро или 233 тыс. Евро на километр пути.

Сообщается о том, что значительные финансовые средства истрачены на реализацию проектов по рассматриваемой программе в Италии и Испании, однако конкретные цифры вложений не раскрываются.

В период с 2009 по 2013 год в Австрии средствами ERTMS оснащены около 500 км железнодорожных путей. Затраты только на приобретение оборудования составили 80 млн. Евро или 160 тыс. Евро на километр пути.

Следует отметить, что для связи в направлениях «поезд-станция» и «поезд-поезд» в европейских странах используются самые различные средства, а система связи GSM-R не стала отраслевым стандартом.

В декабре 2017 года австрийская компания Kapsch CarrierCom и венгерская Hungary's MVM OVIT National Power Line завершили четырехлетний проект общей стоимостью 46 млн. Евро по созданию системы связи GSM-R для венгерских железных дорог. Созданная система охватывает участок общей протяженностью 300 км из имеющихся 7800 км, что составляет 3,8%. Таким образом, взвешенная стоимость оснащения системой связи GSM-R километра пути составляет 153,5 тыс. Евро.

Компания Kapsch CarrierCom занимает 52% рынка GSM-R в Европе. По заявлению ее специалистов средствами компании оснащено около 35 тыс. километров железнодорожных путей. Таким образом, общая протяженность оснащенных оборудованием GSM-R железнодорожных путей в Европе может составлять 67 тыс. километров или 25% от общей протяженности (около 260 тыс. километров). Учитывая заявленный срок жизни системы связи GSM-R, можно считать ее дальнейшее активное внедрение маловероятным.

Реализованные в Европе проекты, использующие сети связи стандарта GSM-R, включают в себя магистрали Роттердам — Женева, Неаполь — Гамбург — Стокгольм, Антверпен — Базель — Лион, Севилья — Лион — Турин — Триест — Любляна, Дрезден — Прага — Брно — Вена Будапешт, Дуйсбург — Берлин — Варшава.

(продолжение следует)

---

## Сноски

1. **UDP** ([англ. User Datagram Protocol](#) – протокол пользовательских [датаграмм](#)) – один из ключевых элементов [TCP/IP](#), набора сетевых протоколов для [Интернета](#). С UDP компьютерные приложения могут посылать сообщения (в данном случае называемые [датаграммами](#)) другим хостам по [IP-сети](#) без необходимости предварительного сообщения для установки специальных каналов передачи или путей данных. Протокол был разработан Дэвидом П. Ридом в 1980 году и официально определен в [RFC 768](#). Протокол не предусматривает подтверждение абонентами полученных сообщений. ↩
2. **MIMO** ([англ. Multiple Input Multiple Output](#)) – метод пространственного кодирования сигнала, позволяющий увеличить полосу пропускания канала, в котором передача данных и приём данных осуществляются системами из нескольких антенн. ↩