

Анализ существующих радиосредств, применяемых в системах управления движением поездов

И. А. Глухов

Петербургский государственный университет путей
связи Императора Александра I
ivan.gluhov.960709@gmail.com

Д. Н. Роенков

Петербургский государственный университет путей
связи Императора Александра I
roenkov_dmitry@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены существующие стандарты радиосвязи применяемые для обеспечения связи с подвижными объектами, в том числе, в системах управления движением поездов.

Ключевые слова: малоинтенсивные железнодорожные участки (МЖУ), GSM-R, DMR, TETRA, алгоритм выбора оптимального вида радиосвязи

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, реформирование железнодорожной отрасли в соответствии со стратегией [1], затрагивает хозяйства сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и связи: внедрением малообслуживаемого оборудования железнодорожной автоматики и связи; осуществлением управления движением поездов на основе спутниковых технологий и автоматической идентификации подвижного состава; внедрением компьютерных систем управления на станциях в увязке с цифровым радиоканалом; внедрением систем интервального регулирования движением поездов без светофоров с применением спутниковой навигации и цифрового радиоканала; внедрением комплексных устройств диагностики на границах маршрутов.

Последовательное развитие подвижного состава и бурное развитие беспроводных технологий связи, в условиях возросшей интенсивности железнодорожных перевозок, привели к пересмотру методов и алгоритмов управления движением поездов. Как известно, оперативное и бесперебойное управление движением поездов, в значительной степени обеспечивается устойчивой работой сетей технологической радиосвязи.

Ежегодное увеличение протяженных перегонов, в связи с закрытием промежуточных станций приводит к необходимости реконструкции сетей технологической радиосвязи, которые построены по принципу линейной радиопроводной подвижной связи. Сложившаяся проблема, наиболее актуальна для малоинтенсивных железнодорожных участков (МЖУ) и линий Крайнего Севера. В соответствии с [2], железнодорожная линия является малоинтенсивной, если суммарный размер движения пассажирских и грузовых поездов не более 8 пар поездов в сутки, а приведенная грузонапряженность составляет 5 млн. т-км брутто/км в год и менее. Особенностью таких перегонов является отсутствие перспективы внедрения современных систем и средств связи, а обслуживание аппаратуры связи в не станций исключена трудностью и суровыми климатическими условиями.

II. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ РАДИОСВЯЗИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

В настоящее время для обеспечения бесперебойной работы железнодорожного транспорта и безопасного управления движением поездов, используются различные беспроводные средства связи и обмена данными (табл. I).

ТАБЛИЦА I ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИОЧАСТОТНОГО РЕСУРСА И СИСТЕМ СВЯЗИ В ИНТЕРЕСАХ РАЗЛИЧНЫХ ЗАДАЧ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Область применения	США, Канада	Европа	Россия
Диспетчеризация движения поездов на магистральных и высокоскоростных линиях	220 МГц/GSM/CDMA	GSM/GSM-R	GSM/GSM-R/TETRA
Диспетчеризация малоинтенсивных участков (МЖУ)	220 МГц/GSM/CDMA	GSM/TETRA	Отдельные проекты на основе применения спутниковой связи
Диспетчеризация ремонтных работ на инфраструктуре	220 МГц/GSM/CDMA	GSM-R	GSM/GSM-R/TETRA
Мониторинг опасных грузов	220 МГц/GSM/CDMA	GSM-R	GSM
Интервальное регулирование движения поездов (ИРДП)	GSM/CDMA	GSM	GSM для отдельных категорий грузов
Автоматизация маневровой работы	220 МГц, Wi-Fi	GSM-R (активно прорабатывается возможность перехода на IP поверх GSM-R/TETRA/LTE)	160 МГц DMR/GSM-R

В работе [3] произведен обзор существующих систем управления движения поездов с использованием радиоканала на МЖУ. Анализ данных систем показал, что в основном для реализации систем управления движения поездов используется стандарт радиосвязи GSM-R.

GSM-R (GSM-Railway) это международный железнодорожный стандарт радиосвязи, разработанный на основе стандарта подвижной радиосвязи общего пользования GSM, дополненный в соответствии со спецификациями проекта EIRENE (European Integrated Railway Radio Enhanced Network) и MORANE (Mobile Radio for Railways Networks in Europe). Данный стандарт был разработан и введен в эксплуатацию на сети железных дорог Европы для обеспечения интероперабельности (совместимости) технических средств. Следует отметить, что не существует универсального подхода по использованию средств

связи и навигации для управления движением поездов. При организации сетей технологической связи следует учитывать:

- требования пользователей сети технологической радиосвязи;
- оснащенность участка системами связи;
- варианты организации радиосвязи для обеспечения требований абонентов;
- экономическую эффективность выбранного средства радиосвязи.

В табл. II представлена сравнительная характеристика стандартов радиосвязи.

ТАБЛИЦА II ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ GSM-R И СТЕПЕНЬ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ ДРУГИМИ СИСТЕМАМИ

GSM-R	DMR	TETRA
Время установления вызова менее 5 с (в 95 % случаев)	+	+
Вероятность сбоя соединения не более 10^{-3}	+	+
Частота ошибок в битах менее 10^{-4} для 90 % времени обслуживания	+	+
Максимальная задержка передачи между абонентскими устройствами не более 500 мс (в 95 % случаев)	+	>500
Среднее время задержки передачи между абонентскими устройствами (30 байт) от 400 до 500 мс	+	>300
Вероятность потери соединения не более 10^{-4}	+	+
Максимальная продолжительность переключения соединения от одной базовой станции к другой не более 300 мс	1000 ¹	1400 ¹
Длительность обнаружения разрыва связи менее 1с	+	+
Готовность более 99,85 %	+	+
Сетевой интерфейс ISDN PRI	+	+
Интерфейс V.24 для бортового устройства (необязательно)	+	+
Скорость движения подвижного объекта 500 км/ч	200 км/ч	400 км/ч
Скорость обмена данными 9,6 кбит/с	9,6 кбит/с	28,8 ² кбит/с

¹Возможно улучшения этого показателя.

²Максимальная теоретическая скорость обмена данными при использовании всех четырех таймслотов в полосе 25 кГц (частотный ресурс для голосовой связи не предусматривается)

Применение сетей технологической цифровой радиосвязи стандарта GSM-R и TETRA в качестве

альтернативы аналоговым сетям на участках высокоскоростного, скоростного и интенсивного движения пассажирских и пригородных поездов оправдано с экономической точки зрения. Однако, для МЖУ, которые составляют **18,1%** (15354 км) от общей протяженности сети железных дорог, применение данных стандартов не всегда целесообразно. Один из возможных вариантов организации сети технологической радиосвязи – использование стандарта DMR.

III. ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ И СВЯЗИ

Проведенный анализ МЖУ в работе [4] показал наличие значительных резервов пропускной способности таких линий по пути и устройствам СЦБ. Распределение используемых устройств СЦБ и связи на МЖУ в процентном соотношении представлены на рис. 1.

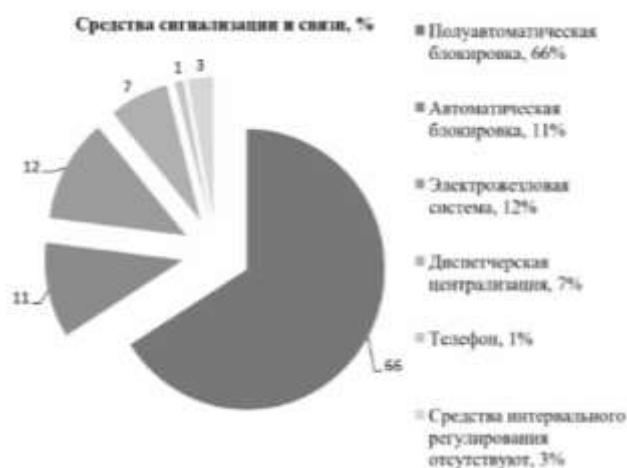


Рис. 1. Устройства СЦБ и связи на МЖУ [5]

Также среди МЖУ имеются участки «большой» протяженности [6]. Например, участок Торжок-Соблаго достигает 165 км. Сложившаяся экономическая ситуация делает не целесообразным серьезные капитальные вложения в оснащения МЖУ устройствами СЦБ и связи, а требует максимально эффективно использовать имеющуюся инфраструктуру СЦБ и связи.

Исходя из «большой» протяженности перегонов, низкой интенсивности движения поездов (**отсутствует необходимость регулирования интервала движения поездов в реальном времени и сверхточного позиционирования подвижного состава**), допустимость кратковременного перерыва в спутниковой навигации и связи при обязательном обеспечении заданного уровня безопасности.

Следовательно, в качестве основного вида связи на МЖУ целесообразно использовать цифровую спутниковую связь. Такой подход может позволить автоматизировать управление и повысить безопасность движения без существенных капитальных вложений и людских ресурсов.

Принципы использования систем спутниковой связи представлены на рис. 2.

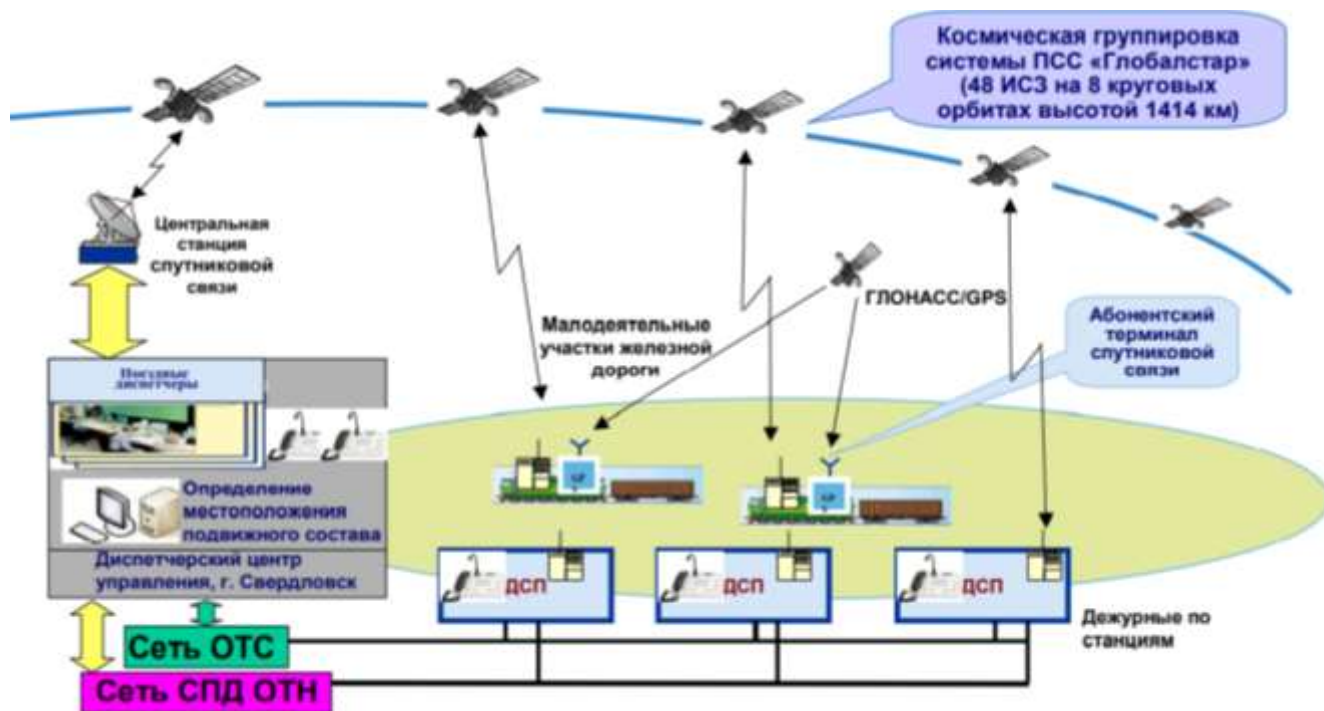


Рис. 2. Организация поездной радиосвязи и каналов передачи данных на МЖУ с использованием спутниковой связи

Локомотивы предлагается оборудовать терминалами и радиомодемами низкоорбитальных систем мобильной связи («Iridium», «Orbcomm», «Globalstar-2») или систем спутниковой радиосвязи на геостационарных орбитах («Экспресс-АТ», «Инмарсат»).

В Румынии, специально для МЖУ была разработана система управления движением поездов на базе спутниковой навигации рис. 3 [7]. Особенностью данной системы является отказ от GSM-R в пользу использования коммерческих сетей мобильной связи.

Наличие качественного покрытия сетей GSM коммерческих операторов на протяжении всего перегона, может быть хорошей альтернативой сетям технологической радиосвязи.

При отсутствии кабельного хозяйства на перегоне, управление стрелочными переводами происходит с использованием цифрового радиоканала.

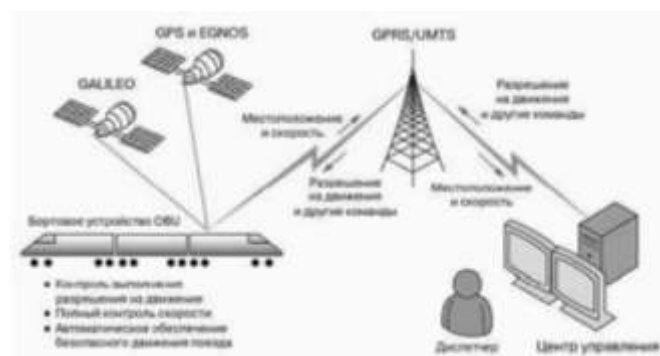


Рис. 3. Принцип действия системы SATLOC

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сокращение зон неуверенного приема, на сети железных дорог РФ, остается актуальной задачей [8]. Поэтому поиск путей повышения устойчивости систем технологической радиосвязи до уровня отраслевых требований, в частности, совершенствования существующих и разработка новых методов и алгоритмов обеспечения связи с подвижными объектами, является актуальной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года №877-р. М.: Москва, 2008.
- [2] Постановление Правительства РФ от 27 марта 2018 г. №330 Об утверждении критериев отнесения железнодорожных путей общего пользования к малоинтенсивным линиям (участкам).
- [3] Кушпиль И.В. Методы и алгоритмы централизации оперативного управления движением поездов на малодеятельных линиях: дис. ... канд. тех. наук / Санкт-Петербург, 2020.
- [4] Прошкина Е.С. Модернизация малодеятельных железнодорожных линий России и повышение эффективности их использования в пассажирском сообщении: Автореф. дис. ... канд. экон. наук / ГУУ М., 2008. 27 с.
- [5] Вакуленко С.П. Проблемы эффективной эксплуатации малоинтенсивных железнодорожных линий / С.П. Вакуленко, А.В. Колин, Н.Ю. Евсеева // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2020: Труды тринадцатой международной конференции, Москва, 28–30 сентября 2020 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2020. С. 1043–1050. DOI 10.25728/mlsd.2020.1043.
- [6] Об утверждении результатов классификации железнодорожных линий. Распоряжение № 3188р. Москва, 2015.
- [7] Varbu G. SATLOC - система управления движением поездов на базе спутниковой навигации для малодеятельных линий (перевод с журнала Signal+Draht/2014/№4/S. 39–44) // Железные дороги мира, № 6, 2014. С. 63–67.
- [8] Маневич П. «Цифра против неуверенности» // Газета "Гудок", Выпуск 10.07.2007. URL: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=732713> (дата обращения: 01.12.2021)