

УДК: 001.895,621.396.931, 656.3

ОПЫТ КНР В ОБЛАСТИ ОСНАЩЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ РАДИОСВЯЗЬЮ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

**Озеров А.В.**

Начальник Международного управления АО «НИИАС»,
E-mail: a.ozero@vniias.ru, Москва, Россия

Аннотация

Китай является лидером в области развития высокоскоростного железнодорожного сообщения и активно развивает системы технологической радиосвязи для оснащения высокоскоростных магистралей. В статье рассмотрены основные характеристики существующей технологической радиосвязи 450 МГц и GSM-R, указаны особенности построения китайской системы управления и обеспечения безопасности движения поездов CTCS, этапы миграции к широкополосной беспроводной связи на основе спецификаций FRMCS, приведены примеры применения 5G на железных дорогах Китая.

Ключевые слова:

транспорт, Китай, BCM, CTCS, ETCS/ERTMS, GSM-R, FRMCS, 5G.

CHINA EXPERIENCE IN IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL RADIO

Ozerov A.V.

Head of International Department, JSC NIIAS,
E-mail: A.Ozerov@vniias.ru, Moscow, Russia

Annotation

China is the leader in the development of high-speed railways and is actively developing technological radio communication systems to equip high-speed lines. The article discusses the main characteristics of the existing technological radio communication 450 MHz and GSM-R, identifies the features of the development of the Chinese Train Control System (CTCS), the stages of migration to broadband wireless communications based on FRMCS specifications, and provides examples of the use of 5G on Chinese railways.

Keywords:

transport, transport cyberspace, information threats.

На сегодняшний день Китай является безусловным мировым лидером по протяженности и темпам строительства железнодорожной сети, которая на текущий момент составляет 160 тыс. км, из которых 46 тыс. км приходится на высокоскоростные магистрали (ВСМ). Согласно государственной программе развития железнодорожного транспорта КНР, к 2035 году общая протяженность железнодорожной сети страны должна достичь 200 000 км, включая 70 000 км ВСМ [1]. При этом большое внимание в программе уделяется развитию систем беспроводной связи, как важнейшего элемента системы управления и обеспечения безопасности движения поездов.

Для обеспечения высокоскоростного сообщения в Китае практически вся сеть охвачена беспроводной

системой диспетчерской связи 450 МГц и системой GSM-R с частотой 900 МГц. Беспроводная система диспетчерской связи, внедряемая в КНР с 1981 г., используется для голосовой связи и передачи приказов диспетчера. В период до 2015 г. система связи 450 МГц внедрялась быстрыми темпами и до сих пор функционирует на 50 тыс. км линий. В настоящее время Министерство промышленности и информатизации КНР прекратило выдачу согласований на ввод в эксплуатацию новых объектов данного вида связи. Систему планируется постепенно заменить на более современное решение. В стране разработан ряд национальных технических стандартов на беспроводную систему связи диапазона 450 МГц. Ее радиочастотные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Радиочастотные характеристики системы диапазона 450 МГц

Параметры	Технические характеристики
Диапазон частот (МГц)	457,2-458,650 (подвижная станция ->базовая станция) 467,2 – 468,650 (базовая станция ->подвижная станция)
Разнос каналов (кГц)	25
Допуск по частоте	$\leq 5 \times 10^{-6}$
Усиление антенны (дБи)	Стационарная радиостанция: 9 (всенаправленное), 12 (направленное) Бортовая станция: 0
Мощность передающего излучения (дБ на мВт)	Стационарная радиостанция: 34,7 – 37 (симплексная), 37 – 40 (дуплексная) Бортовая радиостанция: 37 (симплексная), 40 (дуплексная) Портативная станция: 34,7
Тип модуляции	Частотная
Мощность по соседнему каналу (соотношение) (дБ)	≥ 65
Ограничение модуляции (кГц)	≤ 5
Подавление внутриканальной помехи (дБ)	≥ -8

Связевую часть системы CTCSS высоких уровней составляет подсистема радиосвязи на базе технологии GSM-R. GSM-R была впервые внедрена в КНР на линии Цинхай – Тибет. С 2006 г. она внедрялась на всех новых железнодорожных линиях. Связь стандарта GSM-R функционирует в комплексе с системой управления движением CTCSS уровень 2 и 3, которыми в континентальном Китае оборудуются высокоскоростные поезда всех серий. GSM-R на железных дорогах КНР выполняет две функции [2]:

Передача голоса:

- голосовая связь между машинистом и диспетчером;

- голосовая связь между диспетчером и машинистом;
- экстренная железнодорожная связь;
- связь с работающими на путях;
- публичный экстренный вызов и т.д.

Передача данных:

- связь для автоведения;
- мониторинг и управление критически важной инфраструктурой;
- обмен данными для маневровой работы и т.д.

В КНР разработан ряд национальных технических стандартов в области GSM-R. Радиочастотные характеристики связи стандарта GSM-R в КНР

приведены в таблице 2.

Первая высокоскоростная линия в Китае была запущена в 2008 году. Поезда на новых линиях ВСМ курсируют с максимальной скоростью 350 км/ч. С целью обеспечения требуемого уровня безопасности перевозок при участии зарубежных компаний была создана национальная система управления движением поездов CTCS, которая основана на технологиях европейской системы ETCS/ERTMS. Технологии адаптированы к национальным условиям, включая применение рельсовых цепей как

одного из каналов передачи информации с пути на поезд (наряду с радиоканалом).

По аналогии с системой ETCS/ERTMS, система CTCS имеет несколько уровней. При скоростях движения 200-250 км/ч используется система CTCS-2, где рельсовые цепи применяются для контроля занятости участка и передачи информации на поезд, по аналогии с французской системой TVM, от которой в КНР были позаимствованы резонансные рельсовые цепи.

Таблица 2.

Радиочастотные характеристики системы диапазона 900 МГц

Параметры	Технические характеристики
Диапазон частот (МГц)	885,0 ~ 889,0 (подвижная станция -> базовая станция) 930,0 ~ 934,0 (базовая станция -> подвижная станция)
Разнос каналов (кГц)	200
Усиление антенны (дБи)	Базовая станция: 65° (ширина луча на уровне половинной мощности): 17 или 33° (ширина луча на уровне половинной мощности): 21 Подвижная станция: ≥0
Поляризация	Двойная поляризация
Мощность передающего излучения (дБ на мВт)	Частотная Портативная станция: 33 Бортовая станция: 39 Базовая станция: 46
Модуляция	Гауссова манипуляция с минимальным частотным сдвигом
Метод мультиплексирования	С разделением по времени
Чувствительность приемника (дБ на мВт)	Подвижная станция: ≤ -104 Базовая станция: ≤ -110

Система CTCS-3 применяется на скоростях движения свыше 250 км/ч. Основным средством передачи информации на поезд является цифровой радиоканал стандарта GSM-R. Необходимая для каждого поезда информация поступает из центра радиоблокировки (RBC). В обратном направлении с поездов в RBC по радиоканалу передается информация о фактическом местонахождении и скорости движения каждого поезда.

Необходимо подчеркнуть, что в системе CTCS уровней 2 и 3 предусмотрено резервирование за счет использования системы нижнего уровня. В системе уровня 2 в качестве резерва используется уровень 0 (РЦ и напольные светофоры с ограничением скорости до 120 км/ч), в системе уровня 3 – уровень 2 (РЦ и активные бализы с возможностью обеспечения скоростного режима 200-250 км/ч). Переход между зонами действия CTCS уровней 2 и 3 и их соответствующими резервными системами происходит автоматически при движении поезда

без его остановки [3].

На сети ВСМ Китая достигнута интероперабельность – техническая и эксплуатационная совместимость. Это означает, что поезда могут беспрепятственно переходить с линий, оборудованных CTCS уровня 2, на линии с CTCS уровня 3 и обратно. Также обеспечена эксплуатационная совместимость бортовых устройств, построенных на разных платформах, т. е. поезда, оснащенные бортовыми устройствами разных поставщиков, могут обращаться на линиях с центрами радиоблокировки разных изготовителей.

Еще один уровень системы CTCS (CTCS-4) находится в стадии разработки и рассматривается в качестве перспективного варианты системы нового поколения. Он предусматривает реализацию принципа подвижного блок-участка, использование интегрированного навигационного модуля на основе данных национальной спутниковой системы BeiDou и цифровой карты для задач высоко-

точного позиционирования, применение новых видов беспроводной связи типа LTE-R и 5G для двусторонней передачи ответственной информации между поездом и центром радиоблокировки RBC (рисунок 1).

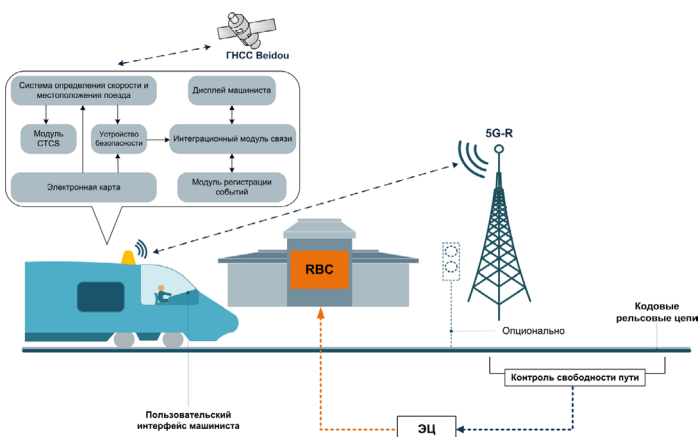


Рисунок 1. Архитектура перспективной китайской CTCS уровень 4

Как известно, стандарт GSM-R является устаревшей системой мобильной связи, не обеспечивающей новые требования к скорости и объему передаваемых данных. С 2015 года Китай ведет планомерную работу по разработке системы связи нового поколения на основе спецификаций FRMCS (Future Railway Mobile Communication System, система железнодорожной связи следующего поколения), разрабатываемых Международным союзом железных дорог [4]. В 2020 году Китайские железные дороги (КЖД) опубликовали «Заключение по внедрению и развитию технологии 5G в железнодорожной отрасли» и «Трехлетний план действий по научным и технологическим исследованиям по применению технологии 5G в железнодорожной отрасли». Было запланировано завершить ключевые технологические исследования и разработать основное оборудование для железнодорожной сети 5G к 2023 году.

Компания ZTE и Китайская академия железнодорожных наук (CARS) создали лабораторию для проведения испытаний железнодорожного оборудования связи пятого поколения. В перспективе все высокоскоростные поезда будут проходить тестирование на испытательном кольце перед началом опытной эксплуатации.

КЖД проводят активные изыскательские и инженерные работы по следующим направлениям развития железнодорожной широкополосной беспроводной связи пятого поколения 5G-R:

- частотные характеристики и электромагнитная совместимость;
- общие технические требования и ключевые технические решения;
- разработка оборудования;
- железнодорожное применение и ключевые службы;
- технология проверки напряженности поля и качества обслуживания;
- теория и метод построения высокоскоростной железнодорожной сети связи;
- стандартизация 5G-R;
- ключевые технические решения и планы ис-

пытания системы управления движением поезда с использованием сетей пятого поколения [5].

К числу основных задач, которые предполагается решать за счет применения широкополосной подвижной связи пятого поколения, относятся следующие:

- управление движением поезда, диспетчерская централизация, ремонт объектов инфраструктуры: диспетчерская связь, управление движением поезда, передача данных и видеoinформации в интересах диспетчерского управления;

- станционная работа: маневровая работа, контроль маневровых перемещений, автоматизация сортировочных станций, работа пассажирских станций, загрузка данных на бортовые устройства, технологические операции на основе интернета вещей на станциях и в парках;

- контроль состояния объектов инфраструктуры: зоны особого интереса на перегонах, мосты, туннели, контактная сеть, посты управления;

- поездные службы: контроль местоположения поезда, беспилотное вождение поездов, контроль состояния подвижного оборудования, умная диагностика, пассажирские услуги, видеонаблюдение в поездах.

В феврале 2019 г. Huawei и China Mobile внедрили сеть связи пятого поколения на станции Хонцяо в Шанхае. Это один из крупнейших объектов транспортной инфраструктуры в Азии с годичным пассажиропотоком в 60 млн. человек. Хонцяо стала первой железнодорожной станцией, на которой была внедрена цифровая система связи пятого поколения для помещений (5G Digital indoor system, DIS). На церемонии ввода системы в эксплуатацию была продемонстрирована пиковая скорость в 1,2 Гб/с [6].

В 2020 г. введена в эксплуатацию первая железнодорожная сеть связи 5G с полным покрытием на высокоскоростной магистрали Гуанчжоу – Шэньчжэнь – Гонконг протяженностью 142 км. По маршруту построено более 300 базовых станций, благодаря чему связь доступна на протяжении всей магистрали, в т.ч. в туннелях и на вокзалах. Для создания такой сети был организован альянс 5G-индустрии, в который вошли China Mobile, Huawei и др. В преддверии Зимних Олимпийских игр 2022 года была также запущена сеть 5G на ВСМ Пекин – Чжэньцзяо протяженностью 170 км, где было размещено около 400 базовых станций, что обеспечило стабильность сигнала в поезде Fuxing (Olympic Express) на скорости 350 км/ч.

В сентябре 2022 г., в ходе 9-го Всемирного железнодорожного форума Huawei (9th Huawei Global Rail Summit), который проводился на полях международной железнодорожной выставки InnoTrans в г. Берлине, компания Huawei представила разработанное ею техническое решение на основе спецификаций FRMCS. Система имеет следующие функциональные возможности:

- Службы беспроводной поездной связи в составе решений по управлению движением поезда, эксплуатации и содержанию пути, а также в области Интернета вещей;

- Контроль состояния локомотива;

- Контроль поездной обстановки;
- Визуализация управления работой ремонтных бригад.

Решение основано на разработанной в Huawei технологии «умного многоканального входа – многоканального выхода с 8 передатчиками и 8 приемниками» (8T8R Smart MIMO), которая при частоте 1900 МГц позволяет получить покрытие, аналогичное покрытию системы GSM-R на частоте 900 МГц, при условии использования высокоомощных устройств (например, бортовой радиостанции мощностью 31 дБ на мВт). Покрытие такого решения на 10 – 15% выше, чем у решений типа 4T4R. При этом обеспечивается резервирование основных электронных плат, сетевых компонентов и беспроводных сетей [7].

Начиная с 2020 г. компания ZTE совместно с China Mobile, Бюро городского транспорта Гуанчжоу, метрополитеном Гуанчжоу, Группой компаний КЖД-Гуанчжоу и др. принимает участие в комплексном демонстрационном проекте по широкому внедрению сетей пятого поколения в городе Гуанчжоу [8]. Проектом охвачены железнодорожный транспорт, метрополитен, автобусные маршруты, объекты инфраструктуры. Применительно к железнодорожному транспорту были внедрены следующие технические решения с использованием сетей связи пятого поколения:

- Система предупреждения об опасности впереди поезда. Система осуществляет мониторинг пути на глубину не менее 8 км впереди идущего поезда. При обнаружении опасности стационарная часть системы по каналам связи пятого поколения направляет на поезд соответствующее предупреждение.

- Сбор оперативной информации об эксплуатации подвижного состава. Система заменяет прежний порядок ручного копирования данных в депо, ускоряя процесс резервирования данных в 10 раз.

- Осмотр ходовой части подвижного состава. Система использует современные видеокамеры и интеллектуальные алгоритмы, за счет которых позволяет произвести осмотр за две минуты вместо двухчасовой инспекции традиционными способами.

На сортировочных станциях использование частной сети связи пятого поколения позволило сократить число оперативных сотрудников на 30% и увеличить перерабатывающую способность станции с 8 тыс. до 10 тыс. единиц подвижного состава при максимальном значении в 20 тыс. [9].

В настоящее время Китай занимает первое место в мире по темпам внедрения широкополосной беспроводной связи 5G, при этом развертывание системы беспроводной связи нового поколения на железных дорогах рассматривается как часть многолетней государственной программы по развитию железнодорожного транспорта страны, в реализацию которой вовлечены многочисленные научно-исследовательские организации, разработчики и производители железнодорожной техники и телекоммуникационного оборудования. О серьезной поддержке данного направления со стороны государства свидетельствует и то, что Китай опережает

другие страны в области патентования изобретений, связанных с широкополосной беспроводной связью и ее применением на железнодорожном транспорте.

Список литературы

1. Протяженность сети железных дорог Китая достигла 160 000 километров [Электронный ресурс] / URL: <https://zdmira.com/news/protyazhennost-seti-zheleznykh-dorog-kitaya-dostigla-160-000-kilometrov> (дата обращения 21.08.2024).
2. Current and future usage of railway radiocommunication systems between train and trackside. – Report ITU-R M.2442-0. – International Telecommunication Union. – 2018. – 142 p.
3. Озеров, А.В. Принципы построения систем управления движением поездов на высокоскоростных линиях зарубежных стран / Озеров А.В. // Москва: Наука и технологии железных дорог. – 2023. – № 3(27). – С. 3-7.
4. Озеров, А.В. Железнодорожная радиосвязь нового поколения / А.В. Озеров, А.П. Куроптева // Наука и технологии железных дорог. – 2023. – Т. 7, № 1(25). – С. 17-24.
5. Презентация «Research Progress of China Railway New Generation Mobile Communication System», Китайские железные дороги, 2022. – 21 с.
6. 5G-powered Rail Station in Shanghai. [Электронный ресурс] / URL: <https://carrier.huawei.com/en/success-stories/Industries-5G/Trainsc> (дата обращения: 16.11.2024).
7. Huawei Launches FRMCS Solution to Facilitate Digital Transformation of Railway. [Электронный ресурс] / URL: <https://e.huawei.com/en/news/ebg/2022/launches-frmcs-facilitate-digital-transformation> (дата обращения: 17.11.2024).
8. ZTE Technologies – Future Railway Mobile Communication System (FRMCS) / China, No. 5 (Vol. 26). – 2024. – 44 p.
9. ZTE and its partners win second prize for Guangzhou 5G Smart Railway case at 2022 World 5G Convention. [Электронный ресурс] / URL: <https://www.zte.com.cn/global/about/news/20220929e1.html> (дата обращения: 18.11.2024).