

# Методология использования цифровой радиосвязи для навигации на железнодорожном транспорте

В. В. Шматченко

*Петербургский государственный университет путей  
сообщения Императора Александра I*

vshmat45@mail.ru

П. Н. Ерлыков

*Петербургский государственный университет путей  
сообщения Императора Александра I*

petrerlikov@mail.ru

Ю. Я. Меремсон

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

meremson@list.ru

**Аннотация.** В статье описаны виды и характеристики навигационных систем, которые возможны к применению на железнодорожном транспорте. Сформулированы задачи и требования, предъявляемые к этим системам.

**Ключевые слова:** навигационные системы, интервальное регулирование, безопасность движения поездов

## I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для повышения безопасности движения поездов, а также для оперативного и четкого управления движением поездов поездному диспетчеру нужна достоверная наглядная информация в реальном масштабе времени о ситуации на железной дороге, необходим немедленный обзор местонахождения и статуса поездов на железнодорожной сети.

Основными требованиями, предъявляемыми к навигационным системам при их использовании на железнодорожном транспорте являются высокая точность местоположения, глобальность действия, малая вероятность отказов из-за неисправности, а также получение радионавигационного сигнала в любое время.

Навигационные системы в приложении к железнодорожному транспорту реализуют функции локации и контроля статуса подвижных единиц на всей сети железных дорог в реальном масштабе времени, предоставляя диспетчеру наглядную информацию о текущей ситуации. Можно выделить следующие функциональные возможности, осуществляемые на основе систем определения местоположения и позволяющие повысить эффективность всей транспортной цепочки:

- интервальное регулирование движения поездов с использованием подвижных блок-участков и, как следствие, увеличение пропускной способности железных дорог;
- ускорение оборота единиц подвижного состава, повышение производительности подвижного состава минимум на 10 %;

- усиление контроля качества перевозок грузов (время, условия перевозок, их мониторинг по перегрузкам, превышению допустимых температур и пр.);
- исключение ошибок, относящихся к ручному вводу данных при регистрации вагонов и грузовых мест, ускорение процессов отправки и регистрации грузов;
- оптимизация технического обслуживания на основе точной регистрации пробега и степени загрузки единиц парка подвижного состава.

Информация о местоположении от расположенной на локомотиве навигационной аппаратуры передается на бортовой компьютер, обеспечивающий определение скорости, координаты и других параметров движения локомотива, и далее в цифровой канал радиосвязи для передачи данных в стационарные центры. Передача данных может осуществляться либо в режиме непосредственной передачи данных on-line (для интервального регулирования движения поездов, маневровых работ), либо в режиме коротких сообщений (для отслеживания движения и состояния грузов). Информация о текущем местоположении объекта может дополняться данными от дополнительных устройств контроля сохранности и состояния транспортируемого груза, таких как датчики толчков и ударов, датчики утечек для перевозок особо опасных грузов, температурные датчики и пр. При использовании датчиков становится возможным сообщать о любом внештатном или аномальном событии, зафиксированном в процессе транспортировки, т. е. могут быть записаны любые данные об инциденте, его точных параметрах, а также дата и время.

На базе получаемой от локомотивов информации может осуществляться интервальное регулирование движения поездов, основанное на разделении следующих друг за другом подвижных единиц дистанционным интервалом, обеспечивающим необходимый тормозной путь.

## II. ВИДЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

На текущий день можно выявить 2 основных вида навигационных систем, реализуемых на железных дорогах:

- системы, определяющие местоположение подвижного объекта с помощью находящихся на нём приемопередатчика, который получает информацию о прохождении определенного пикета (километра) от расположенных вдоль колеи транспондеров;
- системы спутниковой навигации, обеспечивающие отслеживание грузов не только в пределах одной сети железных дорог, но и при международных грузовых перевозках.

Обе группы систем, базирующиеся на использовании как наземных технических средств, так и спутников, должны удовлетворять предъявляемым требованиям по эксплуатационной готовности, целостности и точности определения местоположения.

Точность определяет способность навигационной системы определять координаты объекта с заданной погрешностью. При этом рассматривается система в целом, состоящая из бортовых и наземных устройств. В таких случаях используют понятие общей системной ошибки.

Эксплуатационная готовность системы характеризуется временем, в течение которого система пригодна к использованию в различных условиях эксплуатации.

Целостность – способность системы сообщить пользователю о невозможности ее дальнейшего использования (например, если более не соблюдаются определённые параметры или возможно только ограниченное использование системы).

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к системам определения местоположения подвижных единиц железнодорожного транспорта, точность определения места должна составлять не хуже 1м (с целью идентификации пути, на котором находится подвижной объект), эксплуатационная готовность должна составлять 99,98 %; длительность некорректной работы, вследствие сбоя одного из компонентов системы – 1 с.

Наземные системы автоматического определения местоположения подвижных единиц обладают точностью измерения до нескольких сантиметров, однако, для этого требуется установка большого числа транспондеров вдоль пути – чем чаще устанавливаются транспондеры, тем точнее можно отслеживать перемещение подвижных единиц.

В этих системах подвижной объект оборудуется приемопередатчиком, который устанавливается в определенном месте. Непрерывный высокочастотный сигнал такого приемопередатчика через направленную антенну активирует находящиеся вдоль железнодорожных путей транспондеры, представляющие собой пассивные передатчики и хранящие в своей памяти емкостью до 16 кбит информацию с точной привязкой к топографическим данным местности или к точке железнодорожного пути.

Поступающий на транспондер высокочастотный сигнал модулируется кодовой посылкой (информацией, хранящейся в его памяти) и отражается обратно к источнику. В свою очередь, от приемопередатчика эта информация поступает на бортовую систему локомотива. Информация, полученная от транспондера, а также идентификационные данные локомотива, передаются в диспетчерский центр по цифровому каналу радиосвязи.

Построение данной системы не требует контакта или прямой видимости между транспондером и приемопередатчиком, поскольку электромагнитное поле может проникать через неметаллические материалы. Поэтому, например, транспондеры могут быть встроены в километровые столбы.

Транспондеры могут использоваться для решения задач идентификации грузов, контейнеров, подвижного состава, для чего практикуется их заделка в определенных, удобных для считывания, местах на объекте, идентификация которого необходима. Считывание идентификационной информации в определенных точках железнодорожной сети позволит не только следить за движением груза или вагона, но и получать интегральные оценки интенсивности грузопотоков.

Наземные системы определения местоположения подвижного состава и идентификации грузов на базе транспондеров характеризуются простой конфигурацией, высокой степенью совместимости с уже существующим оборудованием и, в совокупности с системами цифровой технологической радиосвязи (ЦСТР), внутренней самодостаточностью.

В многоспутниковых системах расчеты производятся непосредственно в абонентском оборудовании на подвижном объекте встроенным программно-математическим аппаратом, вычисляющим пространственные координаты по времени прохождения сигнала от спутника, находящегося в зоне радиовидимости, до навигационного приемника. Абонентская аппаратура подвижных объектов (приемник спутниковых сигналов) обрабатывает полученную в виде навигационных импульсов информацию и, используя предварительно составленную цифровую карту дороги, пересчитывает топографические данные в железнодорожные (километр, пикет), обеспечивая выдачу обработанной информации – местоположения, скорости и времени на бортовой дисплей локомотива и в цифровой канал связи.

При использовании спутниковой навигации следует учитывать ряд особенностей этого метода, не позволяющих использовать системы спутниковой навигации автономно и требующих дополнительных функциональных решений.

Во-первых, точность позиционирования существующих систем составляет порядка 5м с вероятностью 95 %, что недостаточно для практического применения систем спутниковой навигации, как основы интервального регулирования движения поездов. Как следствие – необходимость использования дифференциального корректирующего сигнала, с непосредственной установкой эталонных станций, покрывающих всю зону железнодорожной сети (зона охвата контрольно-корректирующей станции, выдающей

пользователям навигационную поправку, составляет порядка 200 км).

Во-вторых, системы спутниковой навигации имеют естественные ограничения по применению, например, при движении поезда в тоннелях, горных каньонах, под виадуками, что заставляет применять дополнительные датчики определения местоположения, например, те же путевые транспондеры.

В-третьих, сигнал, поступающий от спутника, может быть восприимчив к интерференционным и другим, в том числе – прицельным помехам.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях скоростного движения резко возрастает значение учета динамических характеристик подвижного состава для оптимального функционирования систем интервального регулирования, а также определение и своевременное представление диспетчерскому составу сведений о местонахождении и скорости подвижного состава на магистрали.

Система радионавигации на железнодорожном транспорте на первых этапах может внедряться в

дополнение к существующим системам. Сначала возможно ее использование в качестве резервной системы, а затем может произойти переход к управлению по радио с сохранением в качестве резервных наземных сигналов.

Комплексирование систем спутниковой и наземной навигации, а также систем автоматической идентификации подвижного состава, грузов, контейнеров позволит существенно повысить эффективность и безопасность железнодорожных перевозок.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Вериго А.М., Красковский А.Е., Родигина Т.М. Совершенствование информационных технологий с использованием цифровых систем радиосвязи // ВКСС Connect, 2001, №5, с. 53-55.
- [2] Роенков Д.Н., Плеханов П.А. Системы мобильной связи. Коротковолновая и спутниковая связь. Санкт-Петербург, 2023.
- [3] Плеханов П.А., Роенков Д.Н. Перспективная подвижная связь // Автоматика, связь, информатика, 2024, №1, с. 16-20.
- [4] Шматченко В.В., Ерлыков П.Н., Меремсон Ю.Я. Требования по надежности, готовности, ремонтпригодности и безопасности при переходе от аналоговой к цифровой радиосвязи // СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК. 2023. №1(78). С. 223-226.