

# Поездные устройства ETCS на высокоскоростных линиях Испании

К концу лета 2008 г. бортовые устройства обеспечения движения испанских высокоскоростных поездов AVE S102 и AVE S103 уже более года находились в коммерческой эксплуатации. В состав этих устройств входят бортовой прибор европейской системы управления движением поездов ETCS в сочетании со специализированным модулем передачи LZB-STM локомотивной сигнализации непрерывного типа на базе индуктивных шлейфов.

Высокоскоростные поезда Talgo 350 компаний Bombardier и Talgo (получившие в Испании обозначение AVE S102) и Velaro E компании Siemens (AVE S103) оборудованы системой цифровой радиосвязи стандарта GSM-R и европейской

системой управления движением поездов ETCS (рис. 1). Бортовое устройство обеспечения безопасности на этих поездах поддерживает ETCS уровнями 1 и 2. Высокоскоростные линии в Испании оборудованы аппаратурой ETCS как уровня 1, так и уровня 2. На поездах AVE S102 и AVE S103 имеется также оборудование национальных систем АЛС типов LZB и ASFA.



Рис. 1. Высокоскоростные поезда AVE S102 (слева) и AVE S103 в Испании

## Техническое описание

### Структура и функции

На рис. 2 показана структура бортового устройства ETCS со специализированным модулем передачи LZB-STM, применяемого на поез-

дах AVE S102 и AVE S103. Для связи с напольными устройствами служат антенны системы радиосвязи GSM-R, антенны для приема информации от путевых приемопередатчиков Eurobalise и приемопередающие антенны LZB (рис. 3). При движении в режиме LZB обмен данными между поездом и напольными устройствами осуществляется через уложенный между рельсами индуктивный шлейф. При движении в режиме ETCS данные, хранимые в путевом приемопередатчике, считываются бортовым устройством, причем необходимая для этой процедуры считывания энергия передается в приемопередатчик дистанционно через бортовую антенну. В режиме ETCS уровня 2 дополнительно осуществляется двусторонний обмен информацией посредством системы GSM-R. Бортовой компьютер получает информацию о скорости и местоположении поезда при помощи внешних датчиков — радара и импульсного колесного датчика (рис. 4). В режиме LZB дополнительно используются сигналы акселерометра.

Модуль измерения скорости и пройденного пути SDMU интегрирован в соответствующее бортовое устройство. Для передачи ответственности за безопасность от одной стационарной системы к другой без заметных ограничений для перевозочного процесса предусмотрены динамические переходы между режимами ETCS и LZB. Такие переходы могут осуществляться и от ETCS или LZB на национальную систему ASFA и обратно. Бортовые устройства обладают высокой эксплуатационной готовностью (благодаря резервированию) и безопасностью. Полноценная сигнализация в кабине машиниста, реализованная через пользовательский интерфейс машиниста, позволяет отказаться от применения напольных сигналов во всех режимах, кроме ETCS уровня 1 и ASFA (таблица).

Для активизации и деактивизации национальной системы ASFA

### Особенности систем АЛСН для высокоскоростных линий Испании

Параметр	Технология	
	LZB	ETCS
Напольные сигналы	Не обязательны	
Повышенная пропускная способность за счет сокращения длин блок-участков	Возможна	
Передача в стационарный центр блокировки	Непрерывно через индуктивный шлейф	Непрерывно по радио (GSM-R)
Сигнализация	На пульте управления машиниста	
География применения	Германия, Австрия, Испания	Европа и другие страны мира (европейский стандарт)

используется четырехпроводное соединение между бортовым прибором ETCS и специализированным модулем передачи LZB-STM.

Данные о движении поезда, такие, как значения скорости и включение торможения, записываются в память регистрирующего прибора JRU.

Бортовые устройства обеспечения безопасности движения поезда соединены с интерфейсами TIU поездного оборудования; это касается также средств централизованной диагностики. При обмене информацией через многофункциональную вагонную шину MVB функции главной станции (мастера) берет на себя прибор управления поездом ZSG.

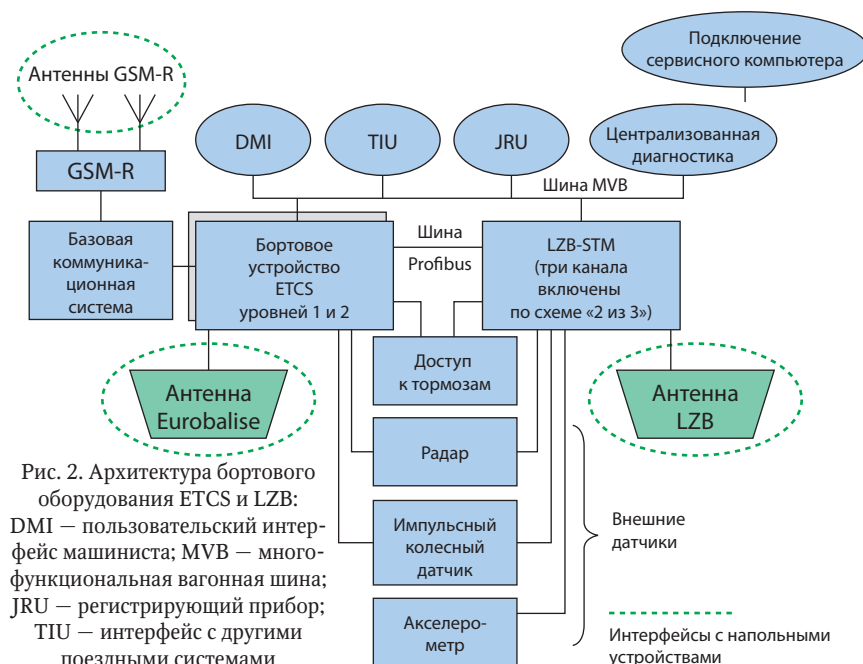
## Системы ETCS и LZB

Бортовое устройство ETCS взаимодействует со специализированным модулем передачи LZB-STM (рис. 5) посредством шины Profibus. Этот интерфейс отвечает требованиям спецификаций консорциума UNISIG. Переходы между уровнями системы ETCS (уровнями 1 и 2, а также LZB STM) осуществляются согласно спецификациям ETCS.

Особенность этой конфигурации состоит в том, что модуль LZB-STM обменивается информацией с поездными устройствами только через шину Profibus, которая через шлюз соединена с шиной MVB и далее с бортовым устройством ETCS.

Вся информация, касающаяся системы LZB, такая, как сигнальные показания, выводимые на пульте машиниста, и сигналы устройства управления поездом ZSG, передаются в модуль LZB-STM через шину Profibus; соответственно, требования к этой шине с точки зрения объема передаваемой информации весьма высоки.

Сигналы от импульсных колесных датчиков и радара поступают в модуль LZB-STM напрямую. Кроме того, предусмотрено непосредственное воздействие модуля LZB-STM на систему торможения и све-



товой сигнализатор перехода к движению в режиме LZB.

LZB-STM реализован как национальный, а не европейский модуль передачи. Понятие европейского модуля передачи в данном контексте уже убрали из последних версий спецификаций. Соответственно, модуль LZB-STM самостоятельно выполняет все задачи контроля и обеспечения безопасности, выдавая при необходимости требуемые предупреждения и/или команды на включение тормозов.

Европейский специализированный модуль передачи реализует только интерфейс между напольными и бортовыми устройствами, например, при помощи приемных и передающих антенн, включая предварительную обработку информационных телеграмм для национальной системы АЛС.

Бортовой прибор ETCS выполняет функции главного устройства при использовании национальной системы АЛС в зависимости от оборудования, имеющегося на участке следования поезда, и контролирует максимально допустимую скорость.



Рис. 3. Антенны для считывания информации с путевых приемопередатчиков (ETCS) и из индуктивного шлейфа (LZB)



Рис. 4. Импульсный колесный датчик

Оба поездных устройства выполнены с резервированием, что обеспечивает высокую эксплуатационную готовность. Эта архитектура закладывает основу высокой эксплуатационной готовности высокоскоростных поездов, эксплуатируемых на сети RENFE, и точности соблюдения ими расписаний движения.

Модуль LZB-STM основан на той же платформе, что и локомотивное устройство LZB 80E, и является новой разработкой консорциума LZB 80, в состав которого входят компании Siemens и Thales.

Большинство компонентов устройства обеспечения безопасности движения на высокоскоростных поездах размещены в компактных компоновочных каркасах, установленных в 19-дюймовые стойки.

### Лабораторные испытания

Бортовые системы АЛС проверялись в испытательных центрах компаний-изготовителей в Берлине и Штутгарте с имитацией реальных режимов эксплуатации. Это позволило существенно ускорить процедуры ввода в эксплуатацию и реализации проекта для систем LZB и ETCS уровней 1 и 2. Предварительные тесты в испытательных центрах позволили также существенно сократить расходы по сравнению с полевыми испытаниями в Испании. При этом были выполнены много-

численные тестовые сценарии для режимов LZB и ETCS уровней 1 и 2.

### Испытания на высокоскоростных линиях

Испытательные поездки в режиме LZB состоялись на участках Аточа (Мадрид) — Кордова — Севилья/Малага с участием поездов AVE S102 и AVE S103 перед началом регулярной эксплуатации в 2007 г. Суммарный пробег составил 30 тыс. км. Поскольку проект реализовывался в несколько этапов, то для каждого этапа требовались опытные поездки в рамках процедур валидации и подтверждения функциональных свойств и безопасности. При высокой скорости движения особое внимание уделялось работе средств измерения пройденного пути и скорости в сложных топографических условиях, характерных для этих линий.

Большое значение в рамках этого проекта имело тестирование работы в режиме LZB с использованием вновь разработанного бортового модуля STB-LZB. Необходимо было подтвердить его совместимость с напольным оборудованием системы LZB, которое эксплуатируется с 1992 г. С середины 2007 г. модуль STB-LZB, отвечающий требованиям UNISIG, находится в коммерческой эксплуатации.

Перед вводом в эксплуатацию режима ETCS уровня 1 были выполнены испытательные поездки на всех линиях, где курсируют высокоскоростные поезда. Однако системой ETCS оснащены не только высокоскоростные поезда. Так, на линии, оборудованной ETCS уровня 2, работают четыре тепловоза с аппаратурой ETCS производства компании Thales.

### Опыт эксплуатации

Система LZB эксплуатируется на линии Аточа (Мадрид) — Кордова — Севилья в качестве средства обеспечения безопасности движения вы-

сокоскоростных поездов AVE S100 и электровозов BR 252 со времени проведения Всемирной выставки 1992 г. в Севилье. Компания Thales Rail Signalling Solutions (в то время она была подразделением компании Alcatel) поставила для этой линии напольное и бортовое оборудование LZB. Система LZB работает здесь поверх национальной точечной АЛС ASFA.

В 2002 г. RENFE приняли решение оснастить новые высокоскоростные электропоезда AVE S102 и AVE S103 аппаратурой ETCS уровней 1 и 2, а также аппаратурой LZB. Сначала системой ETCS и модулем LZB-STM было оборудовано 16 поездов типа AVE S102 производства компаний Bombardier и Talgo и 16 поездов типа AVE S103 производства компании Siemens. С 2006 до конца 2007 г. было поставлено еще 10 поездов AVE S103 с таким же оборудованием. RENFE заказали у компании Bombardier 30 дополнительных поездов серии AVE S112 (по конструкции они идентичны поездам AVE S102) со сроками поставки с лета 2008 по 2010 г.

Применение системы ETCS на линии Мадрид — Барселона является обязательным для достижения максимальной скорости 350 км/ч. При использовании ETCS уровня 1 скорость из-за особенностей проектирования этой линии не может превышать 300 км/ч. При движении в режиме LZB максимально допустимая скорость движения также равна 300 км/ч. Максимальная скорость с системой ASFA составляет 200 км/ч. Сохранение режима LZB (и соответствующей аппаратуры) обусловлено следующим:

- высокоскоростные линии южнее Мадрида уже оборудованы системой LZB;
- поезда AVE S100 и локомотивы BR 252 пока не планируется оснащать системой ETCS;
- RENFE имеют значительный позитивный опыт работы с системой LZB.

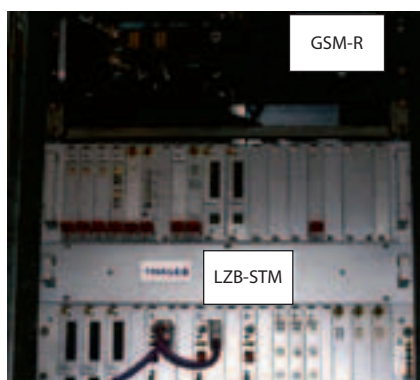


Рис. 5. Бортовое устройство LZB-STM и аппаратура радиосвязи GSM-R для обеспечения работы ETCS

К настоящему времени введены в эксплуатацию 42 высокоскоростных поезда обоих типов с системами ETCS уровней 1 и 2 и LZB. До 2010 г. к ним добавятся еще 30 поездов типа AVE S112.

После успешных испытательных поездок ADIF и RENFE выдали допуск к эксплуатации ETCS уровня 1 и специализированного модуля передачи LZB-STM. Процедура сертификации была выполнена с участием центра по сертификации EBC.

С середины 2007 г. поезда серий AVE S102 и AVE S103 курсируют по линии Аточа (Мадрид) — Севилья в режиме LZB. В декабре 2007 г. началось движение поездов в таком же режиме по линии Кордова — Малага. Обе линии рассчитаны на максимальную скорость 350 км/ч, которая достижима, однако, только при движении в режиме ETCS уровня 2.

Участки Кордоба — Малага и Толедо — Ла-Сагра имеют напольное оборудование как ETCS, так и LZB. Соответственно, в зависимости от оснащения поезда по ним возможно движение в режимах ETCS (уровней 1 или 2) либо LZB. Для этого предусмотрены переходы от ETCS уровня 1 к LZB и обратно. В настоящее время между Мадридом и Малагой выполняется более 20 рейсов поездов (в том числе без остановок), которые пользуются большой популярностью у пассажиров. При этом в режиме LZB максимальная скорость составляет 300 км/ч. Цель RENFE состоит в том, чтобы сократить длительность безостановочной поездки между Мадридом и Малагой (примерно 500 км) до 2 ч 30 мин с использованием режима ETCS.

На линии Мадрид — Барселона длиной 650 км длительность поездки на поезде AVE S103 (Velaro E) уже сейчас составляет 2 ч 38 мин в режиме ETCS уровня 1. После ввода в эксплуатацию системы ETCS уровня 2 в 2009 г. время поездки должно сократиться до 2 ч 15 мин, что даст железным дорогам существенные конкурентные преимуще-

ства по сравнению с воздушным транспортом.

Повышенные требования к высокоскоростному движению в Испании выражаются также в том, что RENFE взяли на себя обязательство полностью возвращать пассажирам стоимость проезда, если опоздание поезда составит 10 мин и более.

Регулярное движение высокоскоростных поездов, оснащенных новыми системами локомотивной сигнализации, по линии Аточа (Мадрид) — Кордова — Севилья началось в середине 2007 г.

Используемые системы отличаются низкими затратами жизненного цикла. Следование европейским стандартам гарантирует сохранность инвестиций оператору высокоскоростных поездов.

Компании Thales и Siemens накопили в Испании большой опыт интеграции бортовых устройств ETCS и LZB-STM при помощи шины Profibus. Ранее было реализовано взаимодействие устройства ETCS с классическим бортовым устройством LZB80 на поездах, обращающихся по линии Берлин — Лейпциг в Германии. Все эти решения преследуют цель миграции к ETCS как единой системе обеспечения безопасности движения поездов.

## Международный опыт

Федеральное бюро железнодорожного транспорта Германии (EBA) выдало допуск к эксплуатации систем LZB и ETCS в зоне действия немецких норм, касающихся обеспечения безопасности движения поездов. Опыт двойного оснащения подвижного состава устройствами ETCS и LZB был накоплен уже к началу проведения в Германии чемпионата мира по футболу 2006 г. В декабре 2005 г. железные дороги Германии (DB) приступили к использованию ETCS уровня 2, построенной на основе спецификации UNISIG версии SRS 2.2.2, в регулярном пассажирском сообщении.

Компания Thales оснастила системой ETCS уровня 2 базовый Лёчбергский тоннель в Швейцарии, который ввели в эксплуатацию в 2007 г. Компания Siemens поставила бортовые устройства ETCS для швейцарского тягового подвижного состава.

В Австрии накоплен многолетний опыт эксплуатации систем LZB и ETCS уровня 1.

Система ETCS внедряется прежде всего на трансевропейской железнодорожной сети и в грузовых коридорах. В Европе и других странах мира ею оборудовано (или реализуются проекты по оборудованию) 30 тыс. км линий и 5000 ед. подвижного состава. Эта система, базирующаяся на спецификации TSI ZZS, является основой для обеспечения эксплуатационной совместимости между поездными и напольными устройствами.

## Перспективы

В Европе растут темпы внедрения ETCS в международных сообщениях. Цель при этом состоит в замене более 20 разных национальных систем АЛС и устранении тем самым технических препятствий для международных железнодорожных перевозок.

В декабре 2007 г. Европейский парламент принял директиву, направленную на упрощение и ускорение допуска к эксплуатации железнодорожного подвижного состава. Сертификаты, выданные в одной стране, будут действовать во всех странах ЕС. Это способствует росту конкурентоспособности железных дорог по сравнению с другими видами транспорта.

В Испании планируется ускоренное развитие железнодорожной сети для скоростных и высокоскоростных перевозок, в ходе которого тяговый подвижной состав будет оборудоваться устройствами ETCS.

A. Forth, P. Pilarek, A. Scheer. *Signal und Draht*, 2008, № 7/8, S. 6–10.