

Применение ETCS уровня 2 на линии Амстердам – Утрехт совместно с обычной системой сигнализации

В конце декабря 2010 г. на линии Амстердам – Утрехт была введена в эксплуатацию система INTERFLO 450 компании Bombardier, совместимая с европейской системой управления движением поездов ETCS уровня 2 и работающая поверх национальной АЛС типа АТВ-ЕГ. Линия Амстердам – Утрехт, которая является одной из наиболее загруженных в Европе, стала первой действующей железнодорожной линией в Нидерландах, на которой выполнен переход к ETCS уровня 2.

Линия Амстердам – Утрехт оборудована системой микропроцессорной централизации EBI Lock 950 и центром блокировки на базе радиосвязи (RBC) EBI Com производства компании Bombardier. Новая инфраструктура средств СЦБ позволяет поездам, оборудованным ETCS, безопасно двигаться со скоростью до 160 км/ч совместно с поездами, не оборудованными этой системой. Для внедренной системы смешанной сигнализации предусмотрен расширенный период опытной эксплуатации, который продолжится в течение нескольких лет.

Описание системы

Железнодорожная линия Амстердам – Утрехт представляет собой четырехпутный участок протяженностью 30,5 км от северной горловины Дейвендрехта, расположенного в южной части Амстердама, до северной горловины Утрехт-Центральный (рис. 1 и 2). Линия, рассчитанная на смешанное движение грузовых и междугородных пассажирских поездов, включает в себя девять станций, в том числе

две узловые – Бейлмер и Брежелен. Пропускная способность линии составляет более 500 поездов/сут, или

25 поездов/ч, с минимальным интервалом попутного следования 120 с. В зону действия системы централизации входят 293 стрелочных электропривода EBI Switch производства компании Bombardier, 259 светофоров, а также 1404 безопасных ввода и вывода для кодирования рельсовых цепей и АЛС АТВ-ЕГ.

Постовое оборудование МПЦ и блокировки на базе радиосвязи

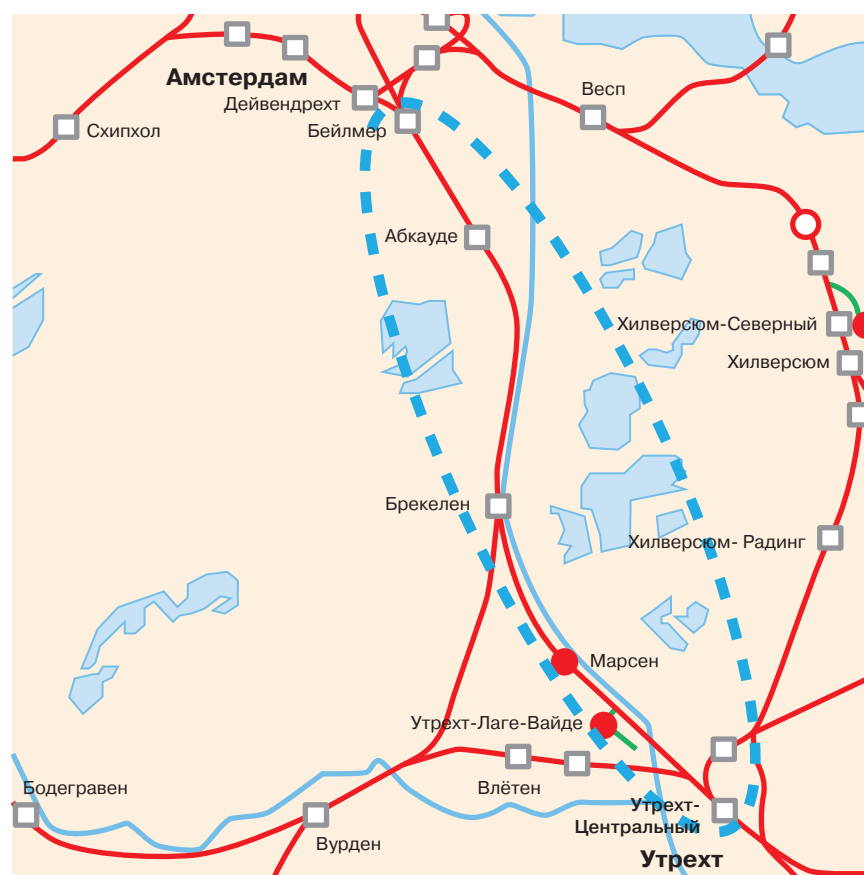


Рис. 1. Линия Амстердам – Утрехт

расположено в центре управления движением поездов агентства ProRail — оператора инфраструктуры железных дорог Нидерландов в Амстердаме. Напольные устройства подключены к МПЦ через объектные контроллеры исполнительных постов, расположенные в пяти модульных киосках. Особенность проекта в Нидерландах состоит в том, что связь между исполнительными постами, на которых расположены объектные контроллеры, осуществляется через опорную сеть с асинхронной цифровой иерархией (ATM), принадлежащую ProRail. Таким образом, выделенная кабельная линия между исполнительными постами отсутствует.

Вдоль всей линии и на участках сопряжения с зоной действия центра блокировки на базе радиосвязи RBC установлено 450 групп приемопередатчиков.

Внедрение ETCS уровня 2 на линии Амстердам — Утрехт

В отличие от других проектов ETCS уровня 2 на линии Амстердам — Утрехт работает поверх существующей национальной системы АЛС и решает расширенный спектр задач (подробнее о смешанной сигнализации на этой линии см. «ЖДМ», 2007, № 10, с. 65–68). Персонал ProRail — от диспетчеров и линейных работников до машинистов — привык к традиционным процедурам эксплуатации линии Амстердам — Утрехт. Поэтому одной из важных задач являлось сохранение в максимально возможной мере этих процедур при внедрении новой инфраструктуры средств СЦБ.

Для диспетчеров нет никакой разницы, следует ли по линии Амстердам — Утрехт поезд с оборудованием ETCS уровня 2 или без него. Прямой обмен данными между поездом, оборудованным ETCS уровня 2, или центром RBC с системой диспетчерского управления

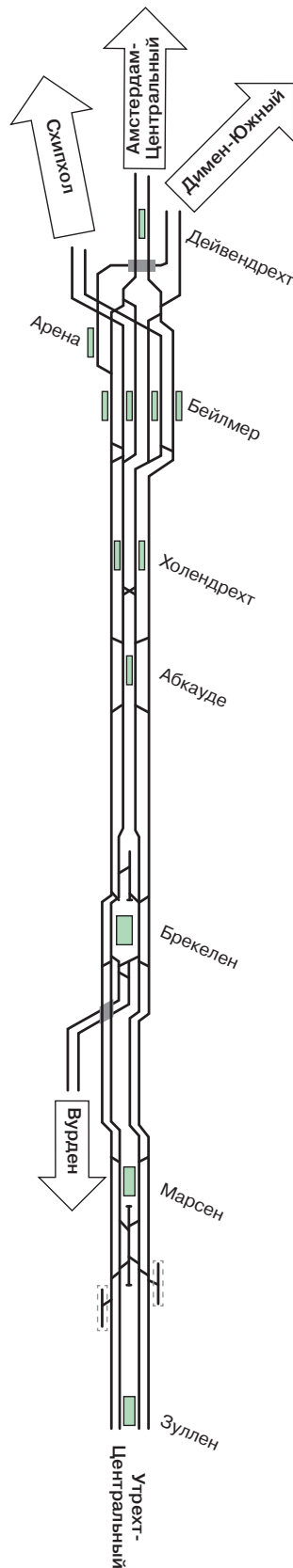


Рис. 2. Конфигурация линии Амстердам — Утрехт

движением поездов VPT, действующей в Нидерландах, не предусмотрен. Занятие путей поездами, следующими под управлением как ETCS уровня 2, так и национальной АЛС АТВ-ЕГ (режим LSTM (АТВ)), отображается на мониторах диспетчеров одинаково; это касается и установленных для них маршрутов. Кроме того, диспетчер может обычным порядком передавать голосовые команды, касающиеся разрешений на движение, машинистам поездов, оборудованных ETCS уровня 2. Такими командами могут быть разрешение на проследование закрытого сигнала или приказ остановить поезд.

При движении по линии Амстердам — Утрехт машинисты поездов с ETCS уровня 2, работающей в режимах полного контроля (FS) или движения по условиям видимости (OS), проинструктированы игнорировать показания напольных светофоров и указателей скорости (рис. 3). Бортовое устройство ETCS уровня 2 на основе поездных данных в сочетании с выданным разрешением на движение, статичным профилем скорости и сведениями о месте окончания действия разрешения определяет для каждой координаты поезда допустимую скорость. Место окончания действия разрешения на движение совпадает с местом расположения напольного светофора. Случайное проследование запрещающего сигнала в системе ETCS уровня 2 невозможно. Сигнализация в кабине машиниста стала приоритетной: отсутствие любого из условий для начала или продолжения движения приводит к остановке поезда перед светофором с запрещающим показанием. Защитное действие ETCS уровня 2 инициируется также при выдаче команды принудительного торможения в национальной системе АТВ-ЕГ. ETCS уровня 2 гарантирует вмешательство в процесс движения на скорости менее

40 км/ч, что является преимуществом по сравнению с национальной системой АТВ-ЕГ.

Проектные решения ETCS уровня 2 на линии Амстердам — Утрехт

Обеспечение безопасности при занятии маршрута. С учетом возможности движения по линии поездов, оборудованных ETCS уровня 2, и поездов с системой АТВ-ЕГ необходимо было предотвратить выдачу разрешений на занятие одного и того же маршрута поездами с разными системами. Например, ситуация, когда поезд с ETCS уровня 2 следует за поездом с АТВ-ЕГ и оба имеют разрешение на въезд на замкнутый маршрут, является редким, но реалистичным сценарием. В спецификацию SRS 2.3.0.d введено требование о реализации условной команды экстренной остановки поезда (CES) для контроля за порядком въезда на маршрут (подробнее см.: Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира / под ред. Г. Теег, С. Власенко. М.: Интекст, 2010. С. 269). Эта команда оказалась необходимой для совместного применения на линии обеих систем.

Команды CES и UES для непрерывного обеспечения безопасности при движении по маршруту. Команда CES используется также для соблюдения требований безопасности движения на всех секциях маршрута, чтобы при появлении, например, враждебных маршрутов обеспечить экстренное торможение поезда с устройством ETCS, работающим в режиме полного контроля FS. Обнаружение неправильного положения охранной стрелки или поступление команды отмены маршрута влечет за собой выдачу безусловной команды экстренного торможения (UES) любого поезда, находящегося в пределах этого маршрута.

Функция кооперативной отмены разрешения на движение (CSMA).

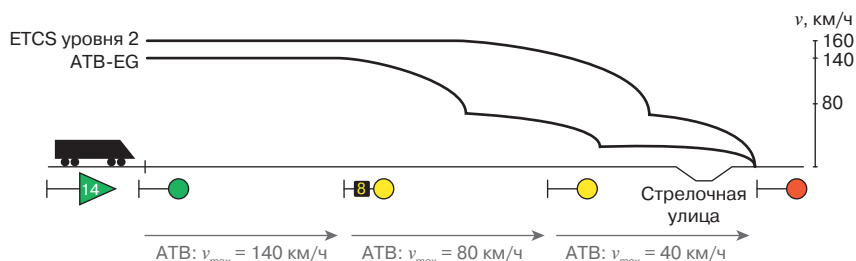


Рис. 3. Контроль скорости в системах ETCS уровня 2 и АТВ-ЕГ

Эта функция, впервые появившаяся в спецификации SRS 2.3.0.d, предусматривает сокращение дальности действия выданного ранее разрешения на движение. Она дополняет функцию предварительного замыкания участка приближения в системе централизации, позволяя с участием центра блокировки RBC остановить поезд на маршруте, который был оперативно отменен диспетчером уже после вступления поезда на участок приближения.

Вступление поезда в зону действия центра блокировки RBC на линии Амстердам — Утрехт. После проследования группы регистрирующих приемопередатчиков на станции Утрехт-Центральный или на одной из станций в Амстердаме поезд, оборудованный системой ETCS уровня 2, регистрируется центром радиоблокировки. Проследовав первую и вторую группы приемопередатчиков, поезд получит разрешение на движение по участку, оборудованному системой ETCS уровня 2. Расположение мест перехода к режиму ETCS выбрано так, чтобы любой поезд с ETCS уровня 2 получил сигнал о начале действия режима движения под управлением этой системы.

Выход поезда из зоны действия центра блокировки RBC. Выход из зоны действия центра RBC возможен только после проследования последнего контролируемого выходного сигнала линии Амстердам — Утрехт. На основании показаний сигналов последнего примыкающего перегона система

централизации и центр блокировки принимают решение о расположении места окончания действия последнего разрешения на движение в зоне действия RBC. Это обеспечивает подход поезда с допустимой скоростью к точке, где происходит переключение на режим движения под управлением АЛС АТВ-ЕГ.

Конфигурация приемопередатчиков. Линия Амстердам — Утрехт оборудована только группами пассивных приемопередатчиков. Большинство из них могут передавать лишь координату своего местоположения. По нормам проектирования каждый напольный светофор располагается на расстоянии 50 м после группы приемопередатчиков. Группы приемопередатчиков на линии Амстердам — Утрехт, которые могут оказаться в зоне действия одного из разрешений на движение, взаимосвязаны. Некоторые специальные группы приемопередатчиков перед сигналами, ограждающими места потенциальной опасности, посылают специальное текстовое сообщение для предупреждения машиниста грузового поезда о необходимости учитывать показания напольных сигнальных знаков.

Внедрение и тестирование системы

Система на участке Амстердам — Утрехт стала объектом расширенной интеграции и тестирования. В частности, для ее проверки были проведены следующие мероприятия.

Общие лабораторные испытания. Эти испытания имели особое значение для проекта в целом, поскольку проведение полевых испытаний в условиях регулярной эксплуатации было ограничено; кроме того, при высокой плотности движения на линии каждая необнаруженная в лаборатории ошибка могла привести к серьезным последствиям.

Это потребовало обновления методов тестирования, уже использовавшихся в компании, с учетом реализации новых функций.

Автоматизированные методы испытаний использовались во время реализации проекта везде, где это было возможно, для достижения быстрой обратной связи в процессе разработки.

Подсистема логики централизации. Подсистема логики централизации проверялась при помощи двух фундаментально различавшихся методов испытаний, которые дополняли друг друга. Использование формальной проверки (по алгоритму Stålmарck) обеспечивает выявление общего несоответствия требованиям безопасности. Программы функционального тестирования позволяют проверить способность системы к выполнению тех или иных функций.

Объектом испытаний в обоих случаях является система уравнений, заложенная в логику централизации и реализованная на языке программирования SternoI.

Подсистема центра блокировки на базе радиосвязи. Центр блокировки RBC архитектурно разделен на ядро, которое содержит общие функции ETCS, и средства адаптации под конкретного заказчика.

Эта архитектура позволяет эффективно выполнять тестирование, которое необходимо только для средств адаптации, — ядро ETCS является неизменяемой частью системы и отдельной проверки не требует. Вновь разработанные программные модули, адаптированные под конкретного заказчика,

проверяются при помощи коммерческого ПО Cantata. Функциональное тестирование выполняется при помощи разработанного в Bombardier ПО Pro Test, для которого были написаны соответствующие проверочные сценарии.

Системное тестирование. Первым шагом системного тестирования стала интеграция подсистем. Последующие испытания выполнялись главным образом вручную. Исключением стали проверки производительности, которые крайне сложно осуществить вручную. Для выполнения тестов на производительность применялся прибор ATP-CU собственной разработки Bombardier, в котором установлено то же ПО, что и в EBI Cab 2000 — бортовом устройстве ETCS, поставляемом этой компанией. Применение ATP-CU позволило в лабораторных условиях смоделировать реалистичное поведение поезда в условиях взаимодействия с напольным оборудованием.

Базы данных линии. Проверка баз данных линии выполнялась на программном уровне с использованием автоматизированных тестов.

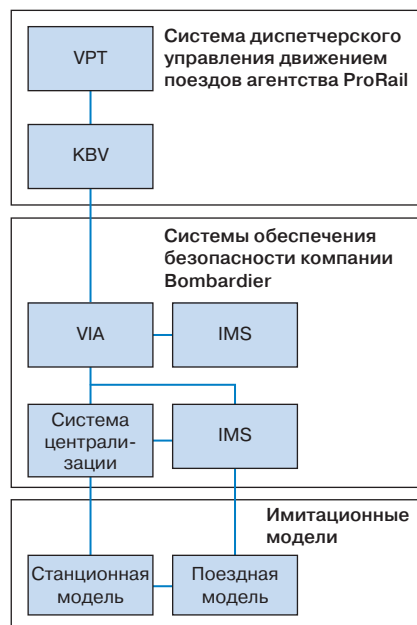


Рис. 4. Конфигурация испытательной системы

Существующие стандартизированные сценарии позволяют упростить проведение проверки. Параметры индивидуальных баз данных накладываются на универсальные сценарии. Тестирование баз данных подтвердило то, что ни одна из них не оказывает негативного влияния на общую функциональность системы на линии Амстердам — Утрехт.

Интеграция с системой диспетчерского управления движением поездов VPT

На сети железных дорог Нидерландов применяется общенациональная система диспетчерского управления движением поездов VPT (рис. 4). Применение этой системы являлось обязательным и на линии Амстердам — Утрехт. В соответствии с этим было предусмотрено создание двух интерфейсов (KVV и VIA) между VPT и системами обеспечения безопасности компании Bombardier. Оба интерфейса создавались совместно специалистами ProRail и Bombardier. На рис. 4 представлена конфигурация испытательной системы, применявшейся для тестирования совместной работы VPT и оборудования компании Bombardier.

Испытательная система включала в себя аппаратные и программные средства, идентичные проверяемым системам. Для имитации поведения внешних систем использовались две модели. Подключение к киоскам с оборудованием МПЦ и напольными устройствами имитировалось при помощи станционной модели компании Bombardier, а для имитации поездов, оборудованных ETCS уровня 2, применялась поездная модель французской компании ERSA, выпускающей программное обеспечение для имитационного моделирования, в том числе на железнодорожном транспорте.

При помощи этой испытательной системы были проверены все функции комплекса, включая

относящиеся к техническому обслуживанию оборудования (последние реализуются системой IMS (Infra Maintenance System)). Кроме того, сотрудники ProRail и компании Arcadis провели специальные испытания системы ETCS для доказательства ее безопасной и стабильной работы. Имитационные модели воспроизводили одновременное движение по линии 30 поездов, оборудованных ETCS уровня 2, и автоматическое управление установкой маршрутов для них средствами системы VPT. Эти проверки подтвердили стабильную работу систем, интегрированных в единый комплекс.

Использование стандартной магистральной сети агентства ProRail для передачи ответственной информации

На станциях линии Амстердам — Утрехт размещены киоски с децентрализованным оборудованием МПЦ (рис. 5), управляющим напольными устройствами централизации. Распорядительный пост МПЦ находится в Амстердаме. Передача ответственной информации (уровня безопасности SIL4) между распорядительным постом и киосками с децентрализованным оборудованием МПЦ осуществляется через магистральную сеть ATM агентства ProRail. Эта сеть служит также для передачи данных в системах информирования пассажиров, видеонаблюдения, а также мониторинга (например, сообщений от датчиков температуры и детекторов задымления).

Сеть системы ATM отвечает требованиям CENELEC класса 4. Это означает относительно высокий риск ошибочных соединений (например, случайное неправильное соединение распорядительного поста МПЦ с децентрализованными устройствами). Кроме того, сеть не защищена от несанкционированных внешних воздействий.

Эти риски снижены путем использования специального протокола на уровне безопасности системы передачи, который включает в себя такие функции, как адресация, подсчет контрольных сумм и нумерация сообщений.

Высокая эксплуатационная готовность сети ATM достигается

путем введения избыточности и альтернативных трактов передачи (см. рис. 5).

Внедрение системы

Переключение системы на линии Амстердам — Утрехт. Ввод в эксплуатацию системы ETCS уровня

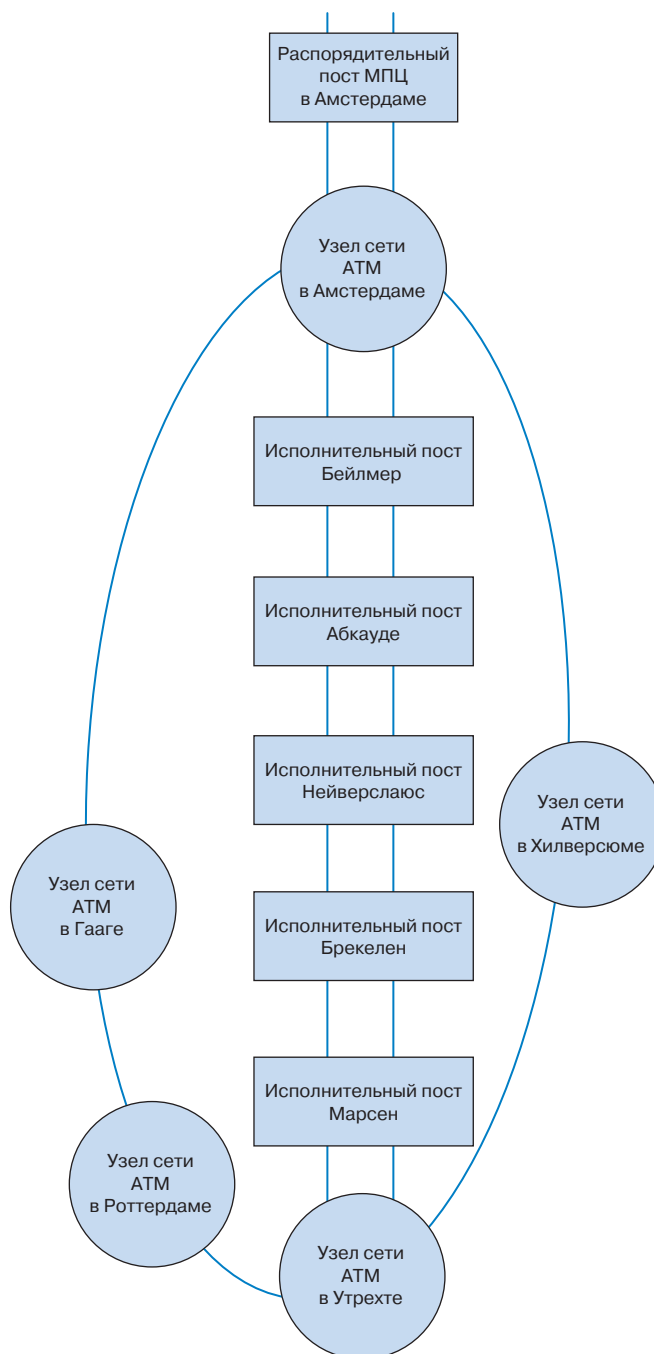


Рис. 5. Фрагмент сети ATM, относящийся к линии Амстердам — Утрехт

2 в дополнение к АЛС АТВ-EG выполнялся в несколько этапов без перерыва в эксплуатации линии. В апреле 2007 г. компания Bombardier в тесном сотрудничестве с компанией Arcadis ввела в эксплуатацию первую систему EBI Lock 950 R3. В январе 2009 г. ее заменили на систему микропроцессорной централизации следующего поколения EBI Lock 950 R4. Эта система базируется на коммерческих аппаратных средствах и специально разработанном программном обеспечении. Ввод в эксплуатацию системы EBI Lock 950 R4 стал отправной точкой для перехода к смешанной системе на ETCS уровня 2/LSTM (АТВ).

Ограничения на эксплуатируемой линии. Основное правило при выполнении работ в условиях регулярной эксплуатации состояло в том, чтобы не допустить никакого вмешательства в движение поездов. Как следствие, все работы по переходу к новой системе выполнялись поэтапно во время перерывов в движении поездов. Заключительный этап приходился на ночное время (перерыв в движении на 4 ч) и в выходные дни (перерыв 52 ч). После окончания каждого перерыва в движении систему следовало привести в полностью рабочее состояние для выполнения перевозок на следующий день. Это требовало тщательного планирования этапов перехода, резервных сценариев, а также полного соответствия устройств, проверенных в лаборатории, реальному напольному оборудованию. В ходе работ

выполнялись только те испытания, которые требовали наличия реального напольного оборудования.

Перерывы в движении использовались также для выполнения других работ (по ремонту пути, пассажирских платформ на станциях, контактной сети и т. п.). Это еще более ограничивало свободу действий по переходу на новую систему, поскольку требовалось обеспечивать безопасность других работ и было сопряжено с занятием путей для их выполнения.

Монтаж приемопередатчиков. Установка фиксированных приемопередатчиков осуществлялась одновременно с другими работами по переходу к смешанной системе сигнализации.

Работа в «теневом» режиме. Первым шагом на пути перехода к смешанной системе ETCS уровня 2/LSTM (АТВ) стал монтаж системы централизации (копии действующей МПЦ EBI Lock 950 R4) с центром блокировки RBC, подключенным к действующей сети радиосвязи GSM-R каналом ISDN. Эта так называемая теневая система (shadow mode system, SMS) генерирует разрешения на движение, основываясь на параметрах реально устанавливаемых маршрутов. В режиме реального времени разрешения на движение передавались на испытательный поезд, оборудованный ETCS уровня 2, который курсировал по линии вместе с обычными поездами и руководствовался сигналами системы АТВ-EG и напольных светофоров.

Входная информация для системы SMS бралась из потока данных между модулями KVB и VIA (см. рис. 4) без какого-либо влияния на управление движением поездов.

ETCS уровня 2/LSTM (АТВ) с изолированным RBC. На следующем этапе была выполнена интеграция центра блокировки RBC. Он был напрямую подключен к МПЦ, но с условием, что данные передавались только в одном направлении — от МПЦ к RBC. Таким образом центр блокировки получал данные с минимальной задержкой, но в период тестирования не влиял на работу действующей МПЦ с точки зрения производительности и безопасности. RBC можно было включать и выключать независимо от МПЦ. Такая конфигурация позволила выполнять тестирование ETCS уровня 2 в реальных условиях эксплуатации линии.

Включение режима ETCS уровня 2/LSTM (АТВ). Последним этапом стал ввод в эксплуатацию ETCS уровня 2/LSTM (АТВ) с двусторонней передачей данных между МПЦ и центром блокировки RBC. После успешного завершения эксплуатационных испытаний на соответствие техническим условиям система смешанной сигнализации ETCS уровня 2/LSTM (АТВ) была готова к работе в режиме опытной эксплуатации.

M. Zweers, F. Bronsema, M. Wulfse. Signal und Draht, 2011, № 4, S. 23 – 28; материалы компаний Bombardier (www.bombardier.com) и агентства ProRail (www.prorail.nl).

Редакция журнала

«Железные дороги мира»

**приглашает на внештатную работу переводчиков с английского, немецкого и французского языков, имеющих опыт работы на железнодорожном транспорте и проживающих в Москве или Московской области.
Обращаться по телефону (499) 317-55-65 или по электронной почте
info@zdmira.com.**