

Выработка и выбор стратегий перехода к ETCS

Германский центр авиации и космонавтики (DLR) осуществляет также исследования в сфере железнодорожного и других видов транспорта, уделяя особое внимание управлению транспортными системами и, в частности, поддерживая внедрение европейской системы управления движением поездов (ETCS) путем выполнения технических и эксплуатационных испытаний и разработки эффективных стратегий миграции к новой системе, а также оказания помощи при допуске к эксплуатации.

Расширение Европейского союза и рост объема международных перевозок выдвигает новые требования к железным дорогам. Одним из эффективных способов удовлетворения этим требованиям является внедрение системы ETCS. При этом решающее значение имеет выбор оптимальной стратегии перехода к новой системе. Представленная ниже концепция способна поддержать выполнение этой задачи для целых транспортных коридоров и железнодорожных сетей. При этом учитываются не только местные условия, но и взаимодействие между стационарной и бортовой аппаратурой. Применение программных инструментов позволяет получать воспроизводимые результаты моделирования.

Началом перехода от старых национальных систем АЛС к ETCS является оснащение новой системой международных коридоров, соединяющих важнейшие промышленные центры Европы. Замена национальных АЛС на ETCS должна производиться по возможности без прерывания эксплуатационного процесса на железных дорогах. Такой переход можно описать как технологическую миграцию. При этом решающее значение имеют точно скоординированные процедуры, а также своевременный выпуск и строгое соблюдение стандартов и спецификаций. Должны также соблюдаться существующие требования в отношении безопасности и производительности при одновре-

менной минимизации расходов и максимально быстром получении запланированного эффекта.

В представленной концепции на первом этапе фиксируют (рис. 1) параметры и граничные условия перехода к ETCS. Затем моделируют коридор или железнодорожную сеть с соответствующим использованием парка подвижного состава. На заключительном этапе генерируются, оцениваются и оптимизируются возможные стратегии перехода.

Граничные условия и влияющие параметры

На первом этапе необходимо собрать параметры и граничные условия для моделирования. При этом исходят из того, что граничные условия не будут меняться в течение периода перехода; в то же время при выборе параметров допустима некоторая свобода.

Инфраструктура. Основная проблема при внедрении ETCS состоит в ее несовместимости с национальными системами. В то же время спецификация ETCS все еще находится в процессе изменений и развития. Реализуемые проекты всегда опираются на действующую на момент начала их выполнения версию спецификации. В процессе миграции к ETCS могут возникнуть проблемы совместимости между проектами отдельных участков транспортного коридора (см. «ЖДМ», 2009, № 10, с. 74–78).

Для удовлетворения разных потребностей операторов железных дорог предусмотрены три уровня системы ETCS. Выбранный уровень ETCS формирует важное граничное условие для моделирования.

При внедрении ETCS уровня 1 существующая инфраструктура средств СЦБ (системы централизации, средства контроля свободы пути и т. п.) сохраняется в неизменном виде. Сигнальные показания считываются по токам,

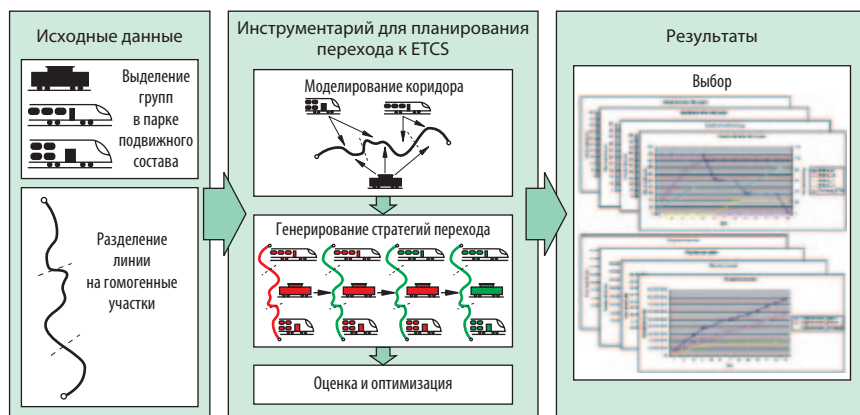


Рис. 1. Обзор методики

протекающим в нитях светофорных ламп, поэтому ETCS уровня 1 представляет собой дискретную систему автоматической локомотивной сигнализации. Действующее сигнальное показание и кривая допустимой скорости движения поезда отображаются на пульте управления машиниста локомотива. В этом режиме осуществляется непрерывный контроль скорости, поэтому его называют режимом полного контроля (Full Supervision, FS). Для сокращения расходов на проектирование и монтаж можно отказаться от отображения информации на пульте машиниста и непрерывного контроля скорости. Этот режим обозначают как режим ограниченного контроля (Limited Supervision, LS). Его использование позволяет сохранить достоинства технической совместимости, однако машинист локомотива обязан знать национальные правила и инструкции и руководствоваться ими.

При внедрении ETCS уровня 2 напольные сигналы более не требуются, что позволяет сократить инвестиции в инфраструктуру средств СЦБ и уменьшить расходы на ее содержание. Однако при этом каждый локомотив, въезжающий на участок, должен быть оснащен аппаратурой ETCS. Если это условие не выполняется, на участке должна работать также существующая национальная система сигнализации. Действующее сигнальное показание передается на поезд с ETCS уровня 2 по радиосвязи, что в случае Германии означает допустимость применения этой системы для скорости движения более 160 км/ч. Если существующая система централизации несовместима с ETCS, необходимы дополнительные инвестиции в ее модернизацию. В этом случае становится необходимой синхронизация стратегий обновления централизаций на участке и внедрения ETCS.

Принципиальная разница между ETCS уровнями 2 и 3 состоит в техно-

логии контроля свободы пути. В ETCS уровня 3 она осуществляется только бортовыми средствами без участия напольных устройств. Благодаря этому появляется дополнительная возможность сэкономить на инфраструктуре. Однако в настоящее время не существует безопасных бортовых технических средств контроля за полноставностью грузовых поездов, которые при такой системе необходимо вводить в масштабах всей сети. В ETCS уровня 3 используются подвижные блок-участки, что делает возможным повышение пропускной способности линий.

Для определения требований к оборудованию ETCS с точки зрения эксплуатации исследуемую линию делят на гомогенные участки, в пределах каждого из которых действуют одинаковые требования. Этим достигается компромисс между полнотой модели и ее удобством. На верхнем уровне такое разделение проходит по государственным границам. Это позволяет однозначно определить и идентифицировать установленное оборудование СЦБ, а также используемые правила и инструкции. Из этого разграничения становится ясно, курсирует поезд во внутреннем или международном сообщении. Кроме того, таким образом очерчиваются зоны ответственности участников проекта и выделяется потребность в координации их деятельности. Другими критериями могут быть максимально допустимая скорость или интенсивность движения поездов, как это сделано в директиве 413 железных дорог Германии (DB).

Бортовые устройства. Ключевым вопросом при переходе к ETCS в отношении бортового оборудования состоит в том, будет ли тяговая единица обращаться на замкнутом полигоне или на всей сети. Ответ на этот вопрос определяет, какое число тяговых единиц необходимо переоборудовать на каждом этапе пе-

рехода. Как и для инфраструктуры в отношении гомогенных участков, здесь выполняют разделение на группы парка подвижного состава, участвующего в перевозках. Решение о формировании групп следует рассматривать как один из параметров моделирования.

В случае когда каждая линия эксплуатируется обособленно от других, используемый на ней подвижной состав выделяется в отдельную группу. Если же подвижные единицы эксплуатируются на всей сети или на значительной ее части, выделение групп подвижного состава становится значительно более трудной задачей. Одним из критериев формирования групп может стать, например, серия подвижного состава. Это целесообразно в случае, если для подвижного состава определенной серии можно выделить полигон, на котором он преимущественно обращается. Такой подход может повлечь за собой изменения в использовании парка подвижного состава, которые при определенных обстоятельствах будут небольшими. Если же на сети нет закрепления полигонов за подвижным составом определенных серий, то могут потребоваться значительные изменения в использовании парка или придется мириться с тем, что стратегия перехода для подвижного состава будет плохо согласовываться с миграцией к ETCS в сфере инфраструктуры. Для принятия решения необходимо выделить, оценить и противопоставить друг другу альтернативные варианты формирования групп подвижного состава.

Кроме того, необходимо решить, будут ли переоборудованы существующие тяговые единицы, или их заменит новый подвижной состав. Здесь требует изучения техническая возможность переоборудования и экономическая целесообразность этого мероприятия с учетом срока службы действующего подвижного состава.

Моделирование коридора А

Показатель	Номер и наименование участка												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Роттердам Haven-spoor	Барендрехт	Кейфхук	Зевенар	Зевенар — граница	Оберхаузен	Мангейм	Базель	Ротрист	Маттштеттен	Фрутинген	Висп	Домодоссола — Генуя
Срок ввода в эксплуатацию	2010	2012	2007	2012	2012	2015	2012	2012	2007	2012	2007	2012	2012
Уровень системы ETCS	2	2	2	2	2	2	2	LS	2	LS	2	LS	2
Сохранение существующей АЛС					Да	Да	Да						
Протяженность, км	48	5	120	5	75	300	260	47	46	60	50	55	229
Перевозки													
№ п/п	Число тяговых единиц												
1	30	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	70	+	+	+	+	+							
3	60						+	+	+	+			
4	30										+	+	+
5	4										+	+	+
Сценарий 1													
Группа 1	100					+	+	+					
Сценарий 2													
Группа 1	42						+						
Группа 2	24					+							
Группа 3	36							+					

Другие граничные условия. В первую очередь необходимо учитывать имеющиеся ресурсы. Их нали-

чие определяет, как быстро можно выполнить отдельные этапы переоборудования и соответственно

весь переход к ETCS. Поэтому для каждого участка и каждой группы подвижного состава определяют, какая протяженность участка или сколько единиц подвижного состава будут переоборудоваться ежегодно. Возможно также назначение отдельным элементам модели одних и тех же ресурсов. Таким образом можно показать, что за весь полигон отвечает одно строительное подразделение или что переоборудование подвижного состава производится в централизованных мастерских.

Кроме того, важное значение имеет установление сроков завер-

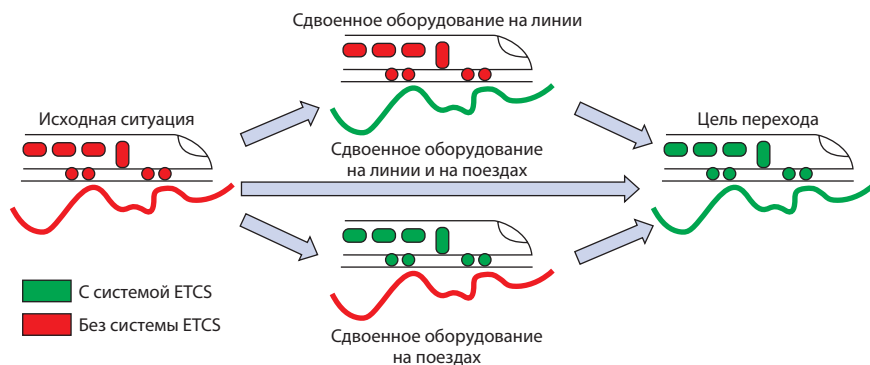


Рис. 2. Варианты мероприятий для достижения цели миграции — перехода к ETCS

шения переоборудования участков линий или вывода из эксплуатации существующих систем. Эти сведения образуют хронологический график, на который следует ориентироваться при подготовке процесса миграции к ETCS. Степень жесткости этих сроков зависит от того, на каком уровне и на каком этапе находятся проектные работы. Если при переоборудовании железнодорожных коридоров допуски по срокам очень малы или вообще отсутствуют, то в отношении внедрения ETCS в масштабах всей сети и отказа от прежних систем (таких, как непрерывная АЛС LZB в Германии) ситуация выглядит иначе. Исследования при помощи рассматриваемой методики позволяют определить возможности по установлению или смещению этих сроков.

В модель могут быть включены также перевозки, генерируемые благодаря внедрению ETCS. Они могут быть обусловлены сокращением числа требуемых бортовых устройств АЛС, ростом пропускной способности линий, уменьшением времени поездки или при определенных обстоятельствах снижением расходов на перевозки. Эти параметры зависят от соответствующего уровня системы ETCS и также могут учитываться при использовании методики.

Моделирование коридора А

В качестве примера применения представленной методики ниже рассмотрено моделирование коридора А (Роттердам — Генуя). При этом использованы имеющиеся в открытой печати данные для моделирования инфраструктуры коридора и его транспортных потоков. Они соответствуют лишь текущему состоянию проекта, однако позволяют оценить эффективность программной реализации методики. В таблице показаны результаты моделирования с разделением коридора на 13 участков и выделением пя-

ти групп подвижного состава, а также установлением сроков и технического уровня оснащения.

Строгие исходные условия допускают только одну цель перехода (см. таблицу). Однако из моделирования видно, что существует более 8000 разных вариантов достижения этой цели, что обусловлено возможностью использовать двойное оборудование на подвижном составе, на линии или одновременно как на подвижном составе, так и на линии (рис. 2). Комбинация вариантов и целей перехода формирует стратегическое пространство, в котором можно выполнить оптимизацию. Для дальнейшей обработки и оптимизации формируется сеть Петри.

При менее жестких условиях могут быть автоматически сгенерированы разные цели перехода. Примерами могут служить оснащение линий, связывающих коридоры, или создание полигона из взаимосвязанных линий, оборудованных ETCS. При этом учитывается, что оснащение линий определяется эксплуатационными требованиями, которые должны быть выполнены. В крайнем случае достаточно воспроизвести топологию железнодорожной сети и распределить на

ней транспортные потоки. На основе этого формируются все допустимые стратегии миграции к ETCS, одна из которых будет оптимальной. На рис. 3 показано, как растет число вариантов стратегии в зависимости от числа участков, оборудованных независимо друг от друга, и степеней свободы при выборе оборудования. Уже одно это свидетельствует о необходимости использования программного инструментария для оценки и принятия решений, как это продемонстрировано в рассматриваемой концепции.

В качестве дополнительного примера можно рассмотреть гипотетическую возможность демонтажа на немецких участках коридора А точечной АЛС PZV и использования на них только системы ETCS. Принятие такого решения, естественно, влияет на распределение парка подвижного состава. Разные сценарии такого перехода могут быть противопоставлены друг другу, как это показано в таблице. На данных участках предусмотрены перевозки с участием 100 тяговых единиц. По сценарию 1 все эти тяговые единицы оборудуют ETCS в течение одного этапа, после которого распределение используемого парка на группы отсутствует. В сце-

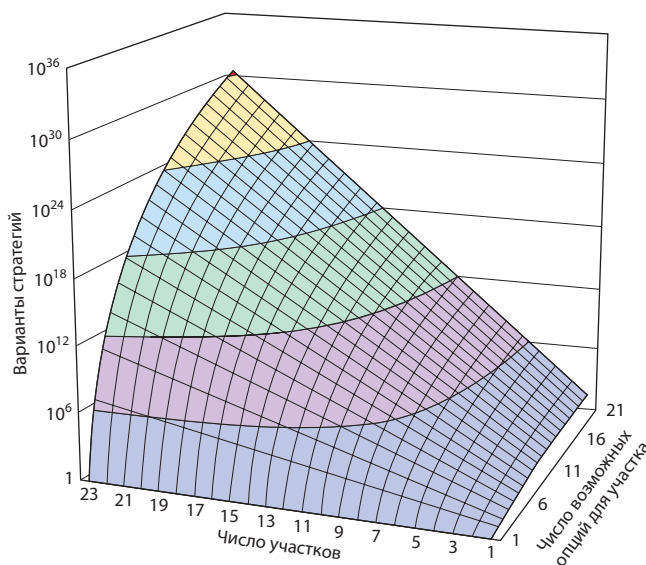


Рис. 3. Рост числа вариантов стратегий в зависимости от числа участков и опций

нарии 2, напротив, для каждого из трех немецких участков формируются своя группа тяговых единиц.

Оценка и оптимизация стратегий перехода

Моделирование позволяет формировать пространство, используемое в качестве основы для оценки и оптимизации стратегий перехода. При этом сгенерированные стратегии рассматривают в качестве изменяемых во времени количественных совокупностей, дополненных соответствующими стоимостными параметрами. Так, число компонентов ETCS формирует основу (в зависимости от уровня системы и выбранного варианта проектирования) для определения потребности в инвестициях на инфраструктуру линии. То же касается и подвижного состава. Здесь необходимо различать, будут ли использоваться новые тяговые единицы или выполнена модернизация существующе-

го подвижного состава. Временные графики содержат не только сведения о времени проведения тех или иных мероприятий (оснащение или переоснащение, новые закупки), но также и о состоянии устройств и подвижного состава. Таким образом, наряду с инвестициями можно определить расходы на техническое обслуживание. Это позволяет также оценить стратегии перехода с точки зрения затрат жизненного цикла и расходов на миграцию, т. е. сравнить сценарии миграции и дальнейшей эксплуатации, выключая всю экономию, полученную в ходе этапа перехода. Кроме того, наряду с расходами могут быть рассмотрены и доходы (например, дополнительные поступления за счет выделения дополнительных ниток графика). Становится возможным маркетинговый анализ развития перевозок, обусловленного внедрением ETCS.

После количественной оценки всех сгенерированных стратегий выполняется их сравнение и выбор

наиболее подходящей. Для этого определяют оптимальный вариант для каждой цели миграции. Каждый вариант может быть оптимизирован путем, например, смещения каждого мероприятия, чтобы оно было выполнено не раньше и не позже установленного срока. Таким образом обеспечивается переход с использованием оптимального варианта к каждой цели миграции. Если условия проекта допускают более чем одну цель миграции, возможно сравнение этих целей друг с другом. При этом могут применяться дополнительные критерии, например полученные в результате анализа экономической эффективности или дополнительных исследований пропускной способности. Кроме того, возможны сравнение разных перспектив, например оптимизированных стратегий для перехода в сфере бортового оборудования и в сфере инфраструктуры, а также анализ, основанный на интегрированном подходе. Стратегии, отобранные с учетом анализа с разных позиций, необязательно совпадут.

На рис. 4, а показан оптимум для переоборудования коридора А на основе моделирования по данным, приведенным в таблице. Критерий оптимизации состоял в минимизации инвестиций. Этот оптимум совпадает при анализе с разными приведенных выше позиций.

Наиболее неблагоприятный сценарий для той же модели приведен на рис. 4, б. Он получен как наиболее неудачное сочетание вариантов миграции, ориентированных, впрочем, на жестко установленные сроки оснащения участков, а не на иррациональную стратегию, как может показаться на первый взгляд.

Сравнение этих сценариев в стоимостном выражении приведено на рис. 4, в.

На рис. 5 приведены результаты сравнения разных альтернатив при формировании групп подвижного состава, подлежащего переоснащению. Как показано в табли-

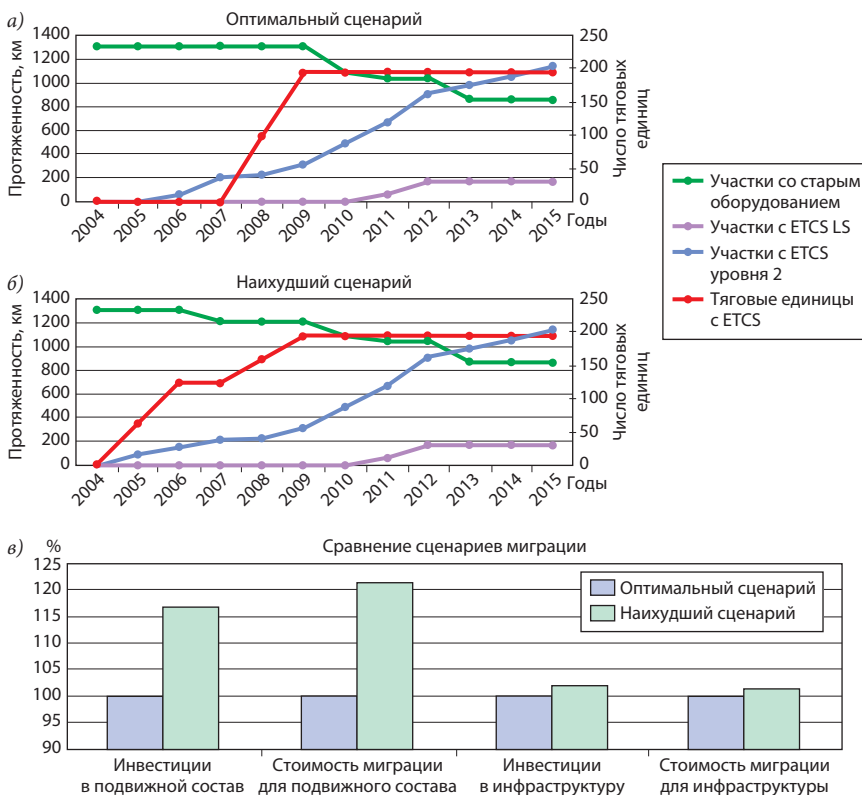


Рис. 4. Сценарии миграции к ETCS для коридора А

це, в сценарии 1 исходят из того, что для моделируемых немецких участков генерируется только одна группа тяговых единиц. Для сценария 2 формируются три группы тяговых единиц для тех же участков. Выгоду, получаемую от более детальной градации групп, необходимо сопоставить с более высокими расходами на управление парком подвижного состава и уже на основе этого выбирать оптимальную стратегию.

Оба рассмотренных примера показывают всю сложность принятия решений о переходе к ETCS даже при сравнительно обозримых граничных условиях. Большое число зависимостей и влияющих факторов влечет за собой проблему поиска оптимального решения, которое уже нельзя найти путем тщательного изучения вариантов вручную. При большем числе степеней свободы, например в случае создания сети линий, оборудованных ETCS, число возможных вариантов растет экспоненциально. Именно поэтому на основе рассмотренной методики разработан программный инструмент поддержки принятия решений.

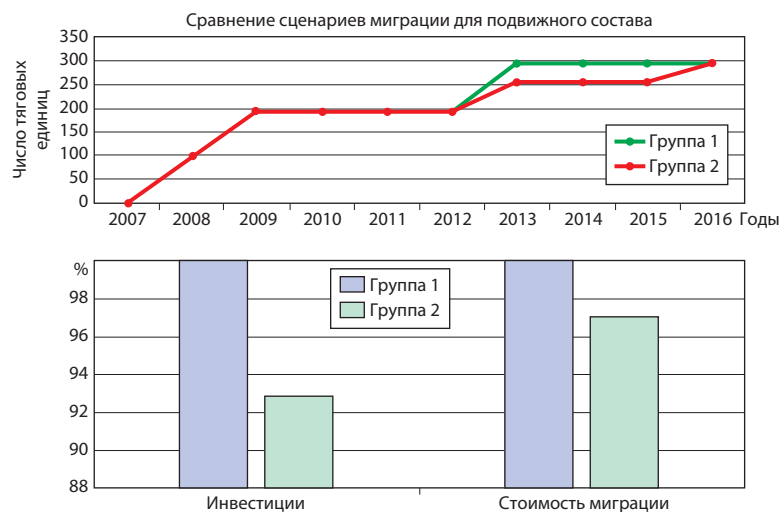


Рис. 5. Сценарии для разных групп подвижного состава

Выводы и перспективы

Планирование миграции к ETCS сопряжено с большим числом граничных условий и взаимосвязей. Разработанный в Германском центре авиации и космонавтики программный инструмент позволяет воспроизвести эти факторы и сгенерировать из них возможные стратегии миграции.

На их основе возможна оптимизация с учетом разных критериев и перспектив, т. е. воспроизводимая поддержка принятия решений в комплексном пространстве возможных вариантов.

Ch. Lackhove, Signail und Draht, 2010, S. 22 – 26; материалы Германского центра авиации и космонавтики (DLR, www.dlr.de).

НОВОСТИ

Первая система ETCS уровня 2 в Турции

Invensys Rail Dimetric — испанский филиал британской компании Invensys Rail получил заказ на оснащение системой ETCS уровня 2 высокоскоростной линии Анкара — Кonya протяженностью 212 км в Турции, основным подрядчиком строительства которой является турецкая компания Yapı Merkezi. Заказ предусматривает поставку не только напольных, но и бортовых устройств ETCS, а также внедрение других современных устройств СЦБ — микропроцессорной централизации, бесстыковых рельсовых цепей, светофоров со светодиодными световыми комплектами. За оснащение линии аппаратурой радиосвязи сети GSM-R будет отвечать компания Nortel.

На линии, строительство которой завершено в декабре 2010 г., до сих пор выполнялись только испытательные поездки со скоростью до 120 км/ч; при этом использовалась система ETCS уровня 1 (ее сохраняют в качестве резервной на случай отказа ETCS уровня 2). В будущем максимально допустимая скорость движения по линии составит 250 км/ч. В настоящее время между Анкарой и Эскишехиром курсируют 12 моторвагонных поездов постройки испанской компании CAF, оборудованных ETCS уровня 1. На шести из этих поездов будет установлена система Futur 3000, отвечающая требованиям ETCS уровня 2.

Ранее Invensys Rail Dimetric внедрила систему ETCS на линии Мадрид — Валенсия, введенной в эксплуатацию в декабре 2010 г. и являющейся частью коридора, соединяющего испанскую столицу с юго-

востоком страны. Здесь сигнальное оборудование компании работает совместно с МПЦ производства компании Thales.

Alstom оснастит системой ETCS весь парк CFL

Национальное общество железных дорог Люксембурга (CFL) заключило третий контракт стоимостью 13 млн евро на оснащение системой ETCS уровня 1 локомотивов (19 ед.) и двухэтажных вагонов с кабинами управления (22 ед.) компании Alstom. Ранее (в 2006 и 2008 гг.) французский концерн выиграл оба других тендера на поставку этой системы для CFL. В декабре 2010 г. Alstom получила также заказ на оснащение ETCS высокоскоростных поездов ICE-T (71 ед.) и ICE 3 (50 ед.) железных дорог Германии.