

Интернет цифровой железной дороги

В.П. Куприяновский, Г.В. Суконников, С.А. Синягов, Д.Е. Намиот, С.Н. Евтушенко, Н.О. Федорова

Аннотация— В статье рассматриваются вопросы, связанные с проектом цифровой железной дороги. В данном случае речь идет о модели сети цифровой железной дороги. Эта модель включает присоединенные поезда и железнодорожные станции, а также инфраструктуру. Пилотные проекты цифровых железных дорог показывают увеличение пропускной способности на 40%, при малых финансовых затратах и сжатых сроках. В статье подробно рассмотрен опыт перехода к цифровой железной дороге в США. Подробно рассмотрена роль Интернета Вещей в реализации проектов цифровой железной дороги. Предложены подходы к реализации такого рода проектов в России.

Ключевые слова—Цифровая экономика, Цифровая железная дорога.

I. ВВЕДЕНИЕ

В работах [1,2,3,4,5] мы уже обсуждали разные аспекты создания цифровых железных дорог. Так в работе [4] приводилась принципиальная схема интернета для железных дорог, взятая из стандарта, принятого RSSB (Великобритания) в июне 2016 года [6]. Необходимо сказать, что принятие стандартов и, в том числе, инновационных стандартов (а [6] это явно инновационный стандарт, имеющий огромное международное значение) происходит только в момент их полной готовности и обкатки на практике. Принятие этого стандарта явилось частью огромной подготовительной работы Великобритании к практическому воплощению в жизнь цифровой железной дороги – ключевого национального проекта цифровой экономики страны.

Напомним читателю, что сам проект получил «зеленый свет» после масштабного пилотирования применения на железных дорогах цифровой сигнализации в Великобритании. Это пилотирование было общеевропейским пилотом и, в том числе, проектом европейского союза железнодорожников. Пилотный проект привел к серьезным научным

экономическим исследованиям. Эти исследования показали, что при относительно малых финансовых затратах и очень сжатых для железнодорожной промышленности сроках, достижим эффект увеличения пропускной способности железных дорог, по самым заниженным оценкам, на 40%. Так Великобритания стала первой страной в Европе, приступившей в этом году к развертыванию цифровой железной дороги, или, точнее, трансформации существующей дороги в цифровую на базе европейской системы сигнализации. Но реально началом проекта нужно считать масштабное пилотирование ключевых элементов цифровой железной дороги 4 года назад. В 2018 году две железнодорожные линии – «Цифровая сигнализация уже развернута на участках железнодорожной сети и будет в эксплуатации с 2018 года на новых Thameslink и Crossrail маршрутах. Это имеет ключевое значение для включения в процесс большего числа путей для поездов» [7].

Необходимо сказать, что в понятие цифровой железной дороги вкладывается далеко не только замена аналоговой системы сигнализации на цифровую. По сути, кардинально меняются не только многие технические процессы, но и бизнес-решения.

Как мы уже говорили, в цифровой экономике много совсем непохожего на то, к чему все привыкли [8], но одно неизменно как бы не называлась экономика – это финансово-экономический расчет. В случае цифровой железной дороги и того, что происходит вокруг нее, необходимы пояснения для читателя, который, как и авторы, находится в плену старых представлений. Так, например, российская железная дорога физически больше британской примерно в 2,5 раза, но уже до начала преобразований британская железная дорога была самая загруженная в Европе, а в ходе цифровой трансформации она очень быстро может обогнать по экономическим показателям огромную российскую железную дорогу.

Еще одно соображение относится к информационным технологиям (ИТ). Пожалуй, впервые столь масштабное и формулируемое в терминах подключения к сети интернета происходит в отрасли очень знакомой всем и каждому – железной дороге. В разных подходах оно происходит в США и Великобритании и, пожалуй, в наиболее полном сегодня виде. Поэтому излагаем очень полезный опыт США (о британском опыте мы уже много писали) для того, чтобы в России и в странах членах Евразийского экономического союза можно было проанализировать лучшее из имеющегося опыта.

Последнее о чем надо сказать во вступлении - это о

Статья получена 21 октября 2016.

В.П. Куприяновский – экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: vpkupriyanovsky@gmail.com)

Г.В. Суконников - ОАО РЖД, (email: sukonnikovgv@center.rzd.ru)

С.А. Синягов – Иннопрактика (email: ssinyagov@gmail.com)

Д.Е. Намиот - факультет ВМК МГУ имени М.В. Ломоносова (e-mail: dnamiot@gmail.com)

С.Н. Евтушенко - Аппарат Правительства РФ (email: evtushenkosp@gmail.com)

Н.О. Федорова – Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ) (email: fedorova.n.o@gmail.com)

замене аналоговой железнодорожной сигнализации на цифровую. Британцы прямо называют свою аналоговую цифровую сигнализацию «викторианской» (то есть времен королевы Виктории или введенной в начале 19 века). Следуя исторической правде, начало российской аналоговой нынешней железнодорожной сигнализаций можно отнести к временам Николая I и тоже к началу 19 века. То есть событие, которое сегодня переживает весь мир при переходе на цифровую железную дорогу, случается через 200 лет от его зарождения.

II. ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА – ОПЫТ США

Европейский подход к цифровым железным дорогам базируется на опробованном решении для скоростных железных дорог. В этом подходе есть много преимуществ, но есть и существенные недостатки. Перенос решений скоростных железных дорог, которые строятся и эксплуатируются на физически отдельных железнодорожных линиях, где нет грузового транспорта, обычных пассажирских составов или электричек, на обычные железные дороги требует решить вопросы совместной эксплуатации пассажирского и грузового железнодорожного транспорта. Также требуется модернизация железнодорожных станций, вокзалов и инфраструктуры вообще. Иным путем и также, взяв за основу интеграцию через интернет или веб, пошли американцы.

В 2008 году правительство США ввело законодательство, которое требует внедрения усовершенствованных мер безопасности в железнодорожном секторе к 2015 году. Это известно как Закон по улучшению безопасности на железнодорожном транспорте (RSIA). Это законодательство требует, чтобы все железные дороги Класса I и пассажирские железнодорожные операторы обязательно внедрили систему Положительного контроля поездов (PTC) в части предупреждения столкновений до 31 декабря 2015 года. Это считается единственным обременением, когда-либо наложенным на отрасль федеральной Администрацией железнодорожного транспорта за всю историю США. Но именно это требование по безопасности и привело к цифровой железной дороге США и огромным экономическим выгодам. Технологии PTC должны были быть установлены на всех магистральных путях, где работают междугородные пассажирские железнодорожные и пригородные железные дороги, а также на линиях, перевозящих опасные материалы.

PTC предназначен для предотвращения столкновений поезда-с-поездом, крушений вызванных превышением скорости, несанкционированных вторжений поездов на участки, где работают дорожники по техническому обслуживанию и блокировке движению поезда через стрелку влево в неправильное положение. PTC не предотвратит несчастные случаи, вызванные в результате неисправности железной дороги или неисправности оборудования, неправильного подвижного средства,

движению через переезд, злоупотреблениям на железной дороге, а также не страхует от некоторых видов ошибок оператора поезда.

PTC внедрен и уже представляет собой сложную, прогностическую систему, которая работает на предотвращение несчастных случаев. Технология должна учитывать ряд факторов, чтобы измерить позиции соответствующего поезда, который сокращает безопасное расстояние, в том числе оценив информацию о самом поезде (вес, длина), состоянии железной дороги и ее составе (искривление, рельеф местности), скорости движения поездов и действия органов управления поездами (разрешения для перемещения на другой участок железной дороги). Важно, однако, понимать, что PTC активно не управляет поездом в нормальных условиях. Практически через настройки, машинисты и инженеры по-прежнему вручную управляют поездами, и PTC работает только в качестве резервной системы, которая активирует аварийную ситуацию торможения, если она обнаруживает неизбежность столкновения или схода с рельсов.

Как показано на рисунке 1, существуют 4 основных элемента в Системе PTC, которые интегрированы с помощью беспроводной системы связи:

Бортовая система: аппаратные средства и программное обеспечение, которые повышают безопасность путем взаимодействия с управляющим оборудованием локомотива и способные принимать директивы для управления ограничения скорости, мандаты на торможения, а также на улучшения в системе связи. Система отслеживает положение поезда и скорость и активирует торможения по мере необходимости, чтобы обеспечить соблюдение ограничений скорости и несанкционированные движения поездов на новые участки железной дороги.

Придорожные системы: мониторинг и опросы положений переключателей (стрелок), показаний сигналов или состояния других контролирующих устройств на обочине которые непосредственно передаются к сегментам локомотива и в офисный сегмент с использованием одной или нескольких радиосетей.

Сервера бэк-офиса: это склад для хранения всей информации, связанной с сетью железных дорог и поездов, работающих через него: ограничения скорости, путевой состав, скорость отдельных локомотивов, состав поездов и т.д. Сервер бэк-офиса передает разрешения на отдельные поезда, чтобы дать возможность выйти на новые сегменты железной дороги, осуществляет взаимодействие с другими железнодорожными серверами бэк-офисных систем или приложениями, с диспетчерской железнодорожной системой и сегментами локомотивов и связи.

Содержание Путей: транспортные средства для проверки состояния и технического обслуживания инженерных линий. Поскольку эти транспортные средства используют железнодорожный путь совместно с поездами, ключевая система для поддержания безопасности обслуживания есть система Пределов соответствия железной дороги (HLCS), которая

обеспечивает безопасность путем добавления отдельного слоя безопасности к эксплуатации транспортных средств на активных железнодорожных путях.

Коммуникации РТС: состоят из системы обмена сообщениями и нескольких проводных и беспроводных сетей, через которые происходит обмен сообщениями

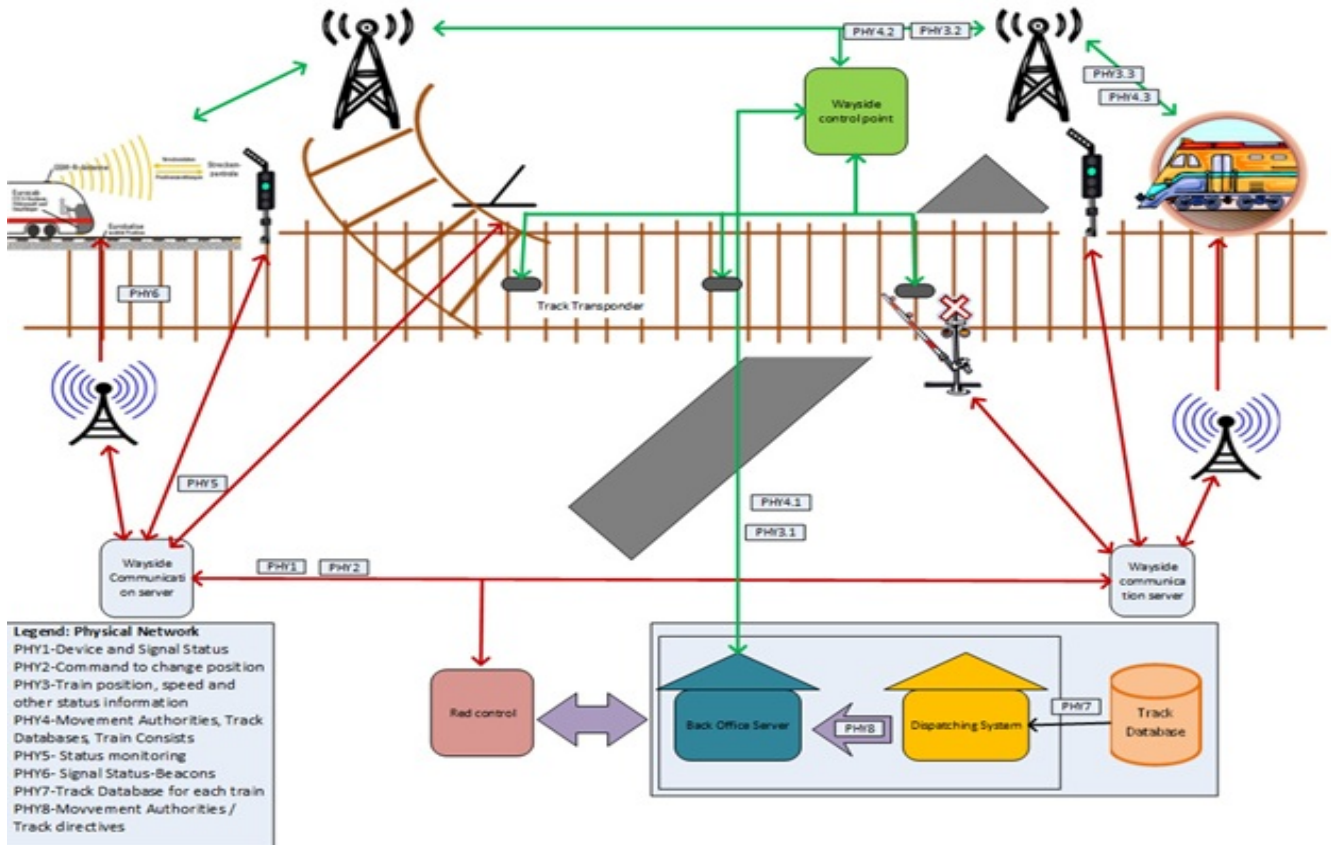


Рис. 1. Общая схема работы РТС

определяет (прогнозирует) будущие условия и берет на себя управление поездом при необходимости. Различные технологии, вовлеченные в этот процесс, включают в себя главный центр управления или "бэк-офис", бортовые резервированные компьютеры и беспроводная сеть для связи между бэк-офисом и каждым поездом, контрольные точки и сигналы.

Коммуникационные системы РТС устанавливаются вдоль обочины железной дороги, и они связаны с системами на борту локомотивов. Множество интеллектуальных систем находится на борту локомотива, давая, таким образом, локомотивным системам способность понимать свое местоположение и то, что находится перед ним.

Используя телеметрию в поезде (GPS, определение наклонов, гироскопы, спидометры, и т.п.) и информацию, хранящуюся в "дорожной базе данных" (превышения, кривые, скорости и др.), каждый поезд не только следит за собой, но и с помощью мастер-системы контролирует каждый поезд и предоставляет данные в центр управления, где диспетчеры и технический персонал могут контролировать местоположение поезда. Кроме того, с помощью РТС, поезда сами сохраняют

между сегментами локомотивов, придорожными системами и серверами бэк-офиса.

В отличие от существующих реактивных систем управления движением поездов, таких как Автоматическое управления движением поездов (АТС), прогнозирующая технология РТС

трек трафика в железнодорожной сети (в некотором смысле, напоминая автопилот для самолетов). Таким образом, есть несколько слоев мониторинга, и все они направлены на обеспечение того, чтобы поезда не сталкивались или не пошли под откос.

С архитектурной точки зрения, РТС состоит из четырех функциональных зон, соединенных между собой посредством коммуникационной инфраструктуры: бэк-офиса, локомотива, придорожной инфраструктуры и системы поддержания инфраструктуры пути (MOW). Бэк-офис, как правило, содержит автоматизированную диспетчерскую и центр обработки данных, содержащий на своих серверах программное обеспечение РТС и сервера бэк-офиса, другие вычислительные ресурсы и базы данных, хранящие информацию о треках, поездах, их грузах или пассажирах, рабочие зоны и скоростные ограничения. Бэк-офис выдает разрешения на движение локомотивам на основе соответствующей информации, полученной от придорожных сигналов и переключателей (стрелок и др.), информации о местоположении, полученной от поездов и статусов работы персонала технического обслуживания и их транспортных средств на путях. Каждый поезд несет резервный компьютер управления поездом (ТМС), который является жизненно важным

компонентом, который обладает способностью замедлять и/или остановить поезд, если он «думает», что что-то небезопасно.

ТМС взаимодействует с серверами бэк-офиса (BOS) через блок дисплея компьютера (CDU), который представляет разделы последних треков файлов, давая инженеру или машинисту на борту визуальную информацию о предстоящей трассе:

- Что приходит в системе с точки зрения сигналов
- Нужно ли ему замедлить или даже остановить поезд?
- Будет ли он двигаться с разрешенной скоростью?
- Приближается ли поезд к рабочей зоне с низкой скоростью?

Если инженер не реагирует должным образом, ТМС обладает способностью замедлить и/или остановить поезд.

Коммуникационная инфраструктура является одним из важнейших элементов в успешном и надежном развертывании РТС, так как это связано с обменом критической информацией системы РТС между несколькими тысячами компонентов, которые анализируются, чтобы выработать общее решение РТС. Одна коммуникационная линия сообщения между системами BOS и ТМС является собственностью РТС - Система радиосвязи, разработанная Meteorcomm, которая полностью соответствует четырем первым классам требований для железных дорог -BNSF, UP, CSX и NS. Эта компания является основным поставщиком технологии SDR (software defined radio) в диапазоне 220 МГц для РТС в отрасли грузовых перевозок. Система использует радиочастоту 220 МГц для связи с бортовыми, придорожными и базовыми станциями.

Поезда также несут сотовые модемы, и многие из них имеют по два сотовых модема, так как избыточность часто необходима для безопасности, с использованием каждого из них от разных операторов связи для обслуживания. Чаще всего общение с поездом находится в частной сети сотовой связи и соединено с бэк-офисом с помощью выделенной сети MPLS. Поезда также оборудованы 802.11x Wi-Fi, что особенно полезно в таких областях применения, как техническое обслуживание грузовых дворов, или в пределах станций, так как большая пропускная способность сетей Wi-Fi позволяет загружать диагностику, и осуществлять загрузку файлов, обновление программного обеспечения и запуск программного обеспечения или компьютерную инициализацию при необходимости.

Система Meteorcomm Interoperable Train Control Messaging (ITCM) является основным инструментом передачи сообщений в отрасли. ITCM представляет собой слои и систему обмена сообщениями, которая соединяет не только поезда с бэк-офисом, но и бэк-офисы на различных железных дорогах. Эта совместимость имеет решающее значение, так как железные дороги не только должны быть способны работать на своих собственных трассах, но и на трассах других компаний. Все это множество задач (более 40) соединено через единую ВЕБ платформу или железнодорожный интернет.

РТС являлся беспрецедентной технической и оперативной задачей, которая потребовала от железнодорожных компаний разработки, тестирования и реализации новой системы безопасности по всей обширной сети железных дорог. В 2008 году, когда Конгресс принял мандат RSIA, требуемые технологии еще не были разработаны. В последующие годы, на железных дорогах совместно с промышленностью были преодолены сложности и проблемы связанные с созданием и развертыванием надежной и отказоустойчивой системы. Основными задачами в области разработки гомогенной системы являются:

- Функциональная совместимость: пассажирские, пригородные и грузовые поезда должны беспрепятственно общаться во всех железнодорожных системах.
- Интеграция тысяч сетевых компонентов, таких как GPS, Wi-Fi, радио, антенны, базовые станции и первое такого рода программное обеспечение, которое предсказывает, когда необходимо замедлить или остановить поезд.
- Необходимость постоянно передавать важную информацию, например, ограничения скорости, разрешения на движение поездов, команды переключения положения (стрелки), о местоположении рабочих зон и другие оперативные данные. Так же в режиме реального времени собираются данные о состоянии локомотива и соединенных железнодорожных вагонов; длине поезда, массе и скорости; рельефах местности и сигнальных аспектах, чтобы определить безопасные расстояния до остановки.

На рис 2 показаны основные операции, которые контролирует РТС.

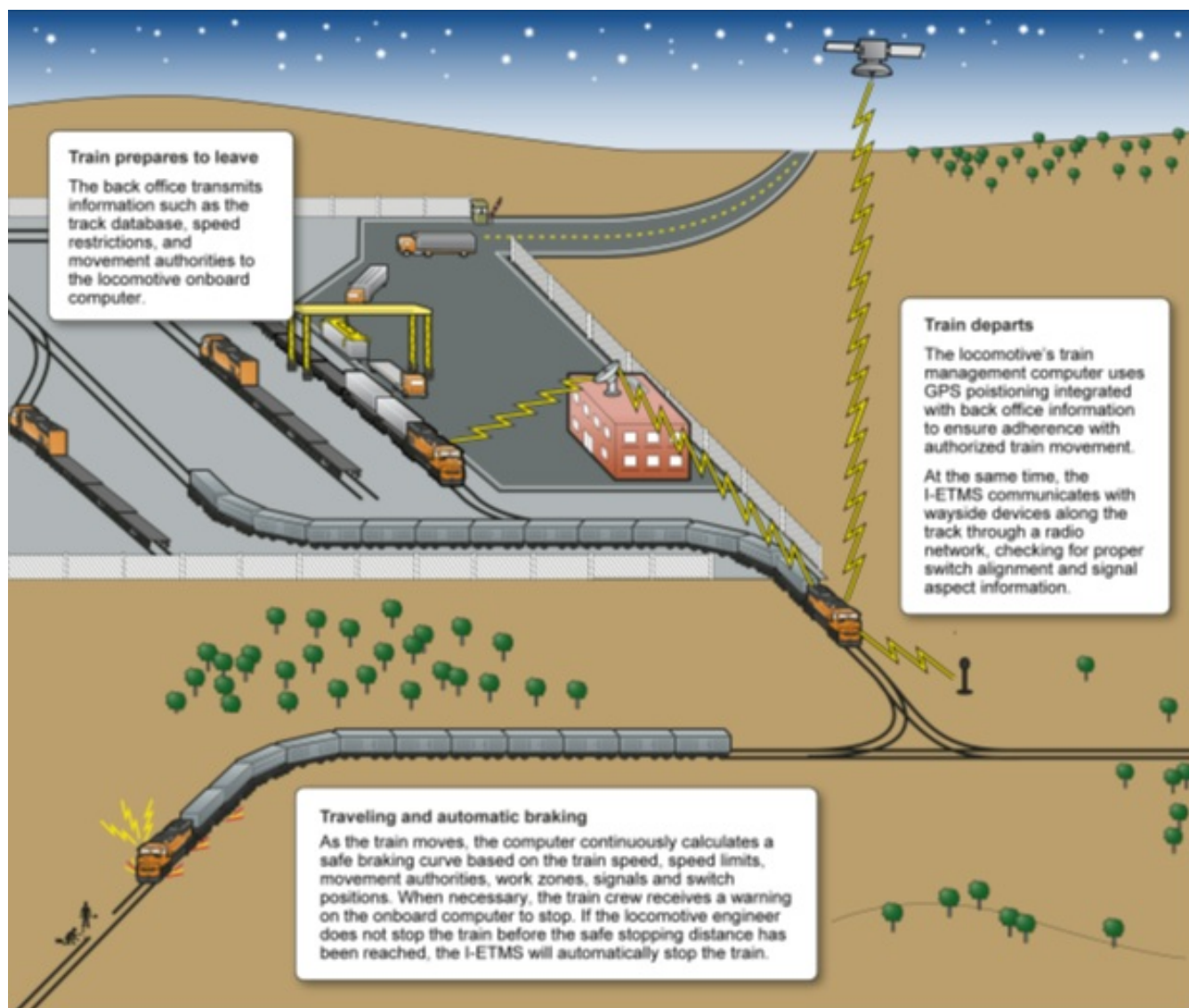


Рис. 2. Базовые операции систем РТС (поезд готовится к отправке, поезд отправляется, поезд находится в пути).

29 октября 2015 года президент Обама подписал Закон об осуществлении РТС 2015 года. Полное развертывание РТС было перенесено в соответствии с новым законом по реализации на 31 декабря 2018. Однако это не означает, что не были достигнуты конкретные результаты – они впечатляют. Пожалуй, самым главным является очень зримое снижение количества инцидентов на железной дороге согласно [18] – рисунок 3.

РТС позволил увеличить пропускную способность дорог на 40% за сравнительно малые инвестиции и небольшое время. Также отмечено снижение потерь на перевозках за счет уменьшения аварий (когда железная дорога стоит она теряет деньги, а когда работает – приносит деньги). Благодаря этому результату в отрасль пошли денежные ресурсы [19].

В апреле 2016 года, по железнодорожному коридору Северо-Восток (NEC) Инфраструктурным и Консультативным комитетом по операциям по оценкам США было определено, что минимум \$ 28 млрд. необходимо для решений по ремонту и заделам на NEC - одном из самых оживленных железнодорожных коридоров в мире. Amtrak также подсчитал, что дополнительные \$ 151 млрд. инвестиций в основной капитал будут необходимы для хорошего состояния ремонта и повышения мощности на NEC. Кроме того, предлагаемая реализация высокоскоростных железнодорожных проектов в Калифорнии, Техасе и Флориде, а также восстановление и реконструкция пассажирских железнодорожных станций, таких, как планируемые в Нью-Йорке, потребует миллиарды долларов [19].

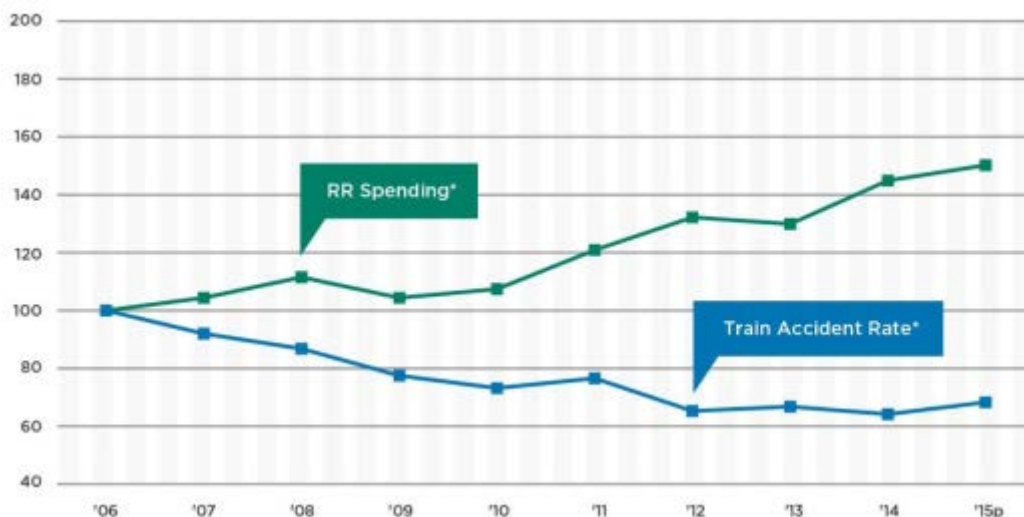


Рис 3. График, показывающий снижение происшествий на железных дорогах по годам [18].

Не менее впечатляет и то, что сделали, и что будет в 2018 году. После завершения строительства, РТС будет работать примерно на 60 000 маршруто-милях и будет установлена на 25000 пассажирских и грузовых локомотивах на всей территории США, что составляет 90% всех локомотивов в США. К тому времени, когда эта технология будет полностью реализована, железными дорогами будет потрачено до \$ 10 млрд. на этом беспрецедентном предприятии по безопасности. По состоянию на июнь 2015 года, следующих результатов планируется достичь к концу 2016 года:

38% 60,153 миль маршрута будет иметь РТС.

63% 22,066 локомотивов будут оснащены РТС.

51% 114,515 сотрудников, требующих подготовки будут РТС-квалифицированы.

87% из более чем 32,654 систем путевой сигнализации будут РТС-готовы.

Будут установлены 77% от 3,968 базовых станций радиосвязи.

К сроку конца 2018 года разовьются уже применяющиеся инновации такие, как, например, большие данные, которые прочно встанут в информационно-телекоммуникационной архитектуре цифровых железных дорог. Американские грузовые железнодорожные дороги собирают огромное количество данных о производительности оборудования, использовании железнодорожных вагонов, ремонте и состоянии подвижного состава. Вместе с партнерами по отрасли, железные дороги уже находят новые инновационные способы использования больших данных для обеспечения безопасности. Сбор и анализ данных по всей совокупности железнодорожной сети страны позволяет железным дорогам отслеживать состояние железнодорожного оборудования и найти модели, которые могут предсказать, когда требуется ремонт. При прогнозировании проблем до того, как они произойдут, отрасль может лучше управлять своим оборудованием и инфраструктурой, а также создавать новые стандарты, призванные обеспечить безопасность железнодорожной сети Америки, сделав ее еще более

безопасной.

В эпоху больших данных, железные дороги США уже оседлали силу информации для строительства одной из самых безопасных, эффективных и экономически эффективной сети железных дорог в мире. В центре этой информационной революции стоит Railinc, компания ИТ и информационных услуг. Основанная почти 40 лет назад, Railinc создала инновационную компьютеризированную систему инвентаризации, которая регистрирует размеры, габариты и грузоподъемность подвижного состава в отрасли железнодорожных вагонов. Вооруженные этой информацией, железные дороги могут решить, стоит ли загружать железнодорожный вагон определенными товарами. Они могут также наметить оптимальные маршруты, по которым должны следовать определенные типы вагонов, чтобы безопасно транспортировать эти товары.

Сегодня Railinc собирает больше железнодорожных данных, чем когда-либо прежде. Когда поезда Америки используют 140,000 миль дорог, примерно 570-сетей железных дорог, они проходят через интеллектуальные датчики и системы с использованием IoT, которые отслеживают движение и состояние железнодорожных вагонов по пути. Railinc анализирует эту информацию, чтобы предоставлять железным дорогам и их клиентам существенные результаты анализа с целью повышения их безопасности и эффективности.

Железнодорожная сеть Америки уже стала умнее за те годы, когда Railinc помогает железным дорогам внедрять передовые технологии - такие как установка датчиков рядом с дорогой и непосредственно на локомотивах и железнодорожных вагонах - для выявления и улучшения в грузовых погрузках. Big Data будет продолжать оказывать помощь железным дорогам принимать разумные решения о железнодорожной сети и поддерживать систему доставки грузов.

Происходят обновления и самой системе грузоперевозок с целью снижения возможностей инцидентов при перевозке особо опасных грузов. Так проводится практическое обсуждение применения

пневматических тормозов с электронным управлением (ЕСР). ЕСР тормоза обеспечивают распространение электронного тормозного сигнала мгновенно по всему поезду, позволяя вагонам тормозить быстрее, чем с обычными пневматическими тормозами [20].

Использование ЕСР тормозов могут уменьшить количество сходов с рельсов вагонов на 20% и существенно улучшить экономику за счет лучшего торможения и разгона, но пока время есть собираются дополнительные данные для более тщательной оценки.

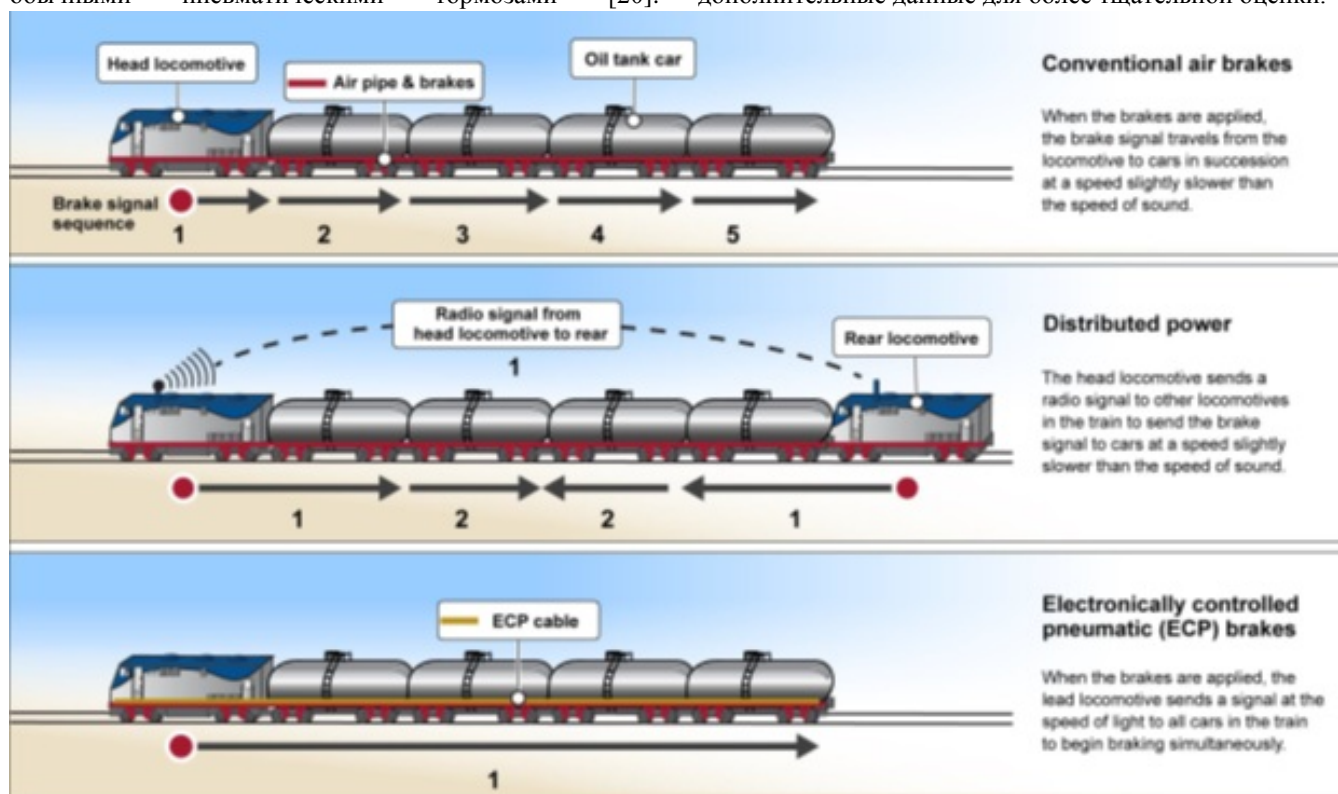


Рисунок 4: Тормозные сигналы на поезда с обычными тормозами распределенной мощности (DP), пневматические тормоза с электронным управлением (ЕСР).

III КАК ШЛА ПОДГОТОВКА К ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯМ В ВЕЛИКОБРИТАНИИ. БУМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПРОЕКТОВ В МИРЕ

Собственно говоря, значительную часть прошедших событий мы уже представили в [1,2,3,4,5] и поэтому изложим только то, о чем еще не говорили. Серьезность любого начинания инфраструктурного характера в том, как в нем участвует главный импресарио в любой стране – государство. В Великобритании, например, участие государства и чиновников в проекте рассчитывается в виде не прямых инвестиций в проект как не прямые инвестиции и оценивается в денежном эквиваленте, как и льготы предоставляемые государством для конкретного проекта [9] и этому нам россиянам было бы неплохо научиться. Такой поддержки со стороны власти у проекта цифровая железная дорога было в избытке.

Прежде всего, так как проект инфраструктурный и затрагивает широкие вопросы безопасности, и он цифровой, в самом начале 2016 года вышло специальное правительственное руководство о том, как должна быть построена система его кибер-безопасности [10], которое включает толкования по многим вопросам применения

от применения шифрования, например, на устройствах цифровой сигнализации до построения систем видеонаблюдения.

Железная дорога – логистическое предприятие, которое перевозит грузы и пассажиров, поэтому совсем не удивительно, что два решения государства были опубликованы по тематике перевозки грузов [7]. Второй документ, формально не являющийся правительственным, но с предисловием статс-секретаря министерства транспорта, отражает коллегиальную точку зрения большого количества железнодорожных пассажирских перевозчиков, работающих по франчайзинговым соглашениям [11].

Начнем с принципиально важного для нас документа [7], т.е. стратегии грузовых железнодорожных перевозок и их роли [7] цитата из предисловия министра железных дорог Великобритании:

«Железнодорожные перевозки является жизненно важной частью национальной экономики, и трудно себе представить, как промышленность может эффективно работать и на конкурентном рынке без них».

Этому документу предшествовало два исследования - Network Rail [12], и это что-то похожее на отраслевое исследование, например, РЖД в России и отдельно заказанное правительством вне-отраслевое исследование, выполненное ARUP [13]. Чтобы у читателя не сложилось впечатления, что цифровая железная дорога развивается так только в Великобритании, сошлемся на очень подробное исследование, проведенное в Индии [14], в Европе [15]

и в США [17]. Китайские источники мы не указываем, так как об этом мы уже упоминали ранее [1,2,3,4,5]. Железнодорожное сообщество мира очень связано уже по характеру своей работы и сущности перевозочного процесса, где железные дороги известны тяжеловесы. Так в России РЖД это более 70% перевезенных грузов, правда, по весу.

Вернемся, однако, в Великобританию. Эта страна - одна из лидеров мира по развитию цифровой экономики, и доля цифровой экономики в этой стране перевалила в 2015 году за 20% ВВП. Это тоже одна из причин использования британских источников в теме цифровой железной дороги – многие явления там, в цифровом мире, возникают раньше, и их понимание может быть очень существенным для развития аналогичных проектов в России.

Для понимания того, как вырабатываются совместные по цифровой трансформации на железной дороге укажем на ключевой, на наш взгляд, механизм выработки предложений [7]:

«Сформированная в 2014 году Freight Technology Group имеет межотраслевую ответственность за рабочие процедуры выявления и разработки технологических решений в интересах сектора. Эта совместная группа, которая включает в себя Network Rail и грузовых операторов, стремится обеспечить в секторе железнодорожных грузовых перевозок видение будущего цифровой железной дороги. Признавая возможности использовать технологию для продвижения сектора, группа имеет очень четкую сферу компетенции в разработке схем, которые способствуют повышению производительности, безопасности и опыта клиентов железнодорожных грузовых перевозок, а также увеличения пропускной способности и снижения затрат».

В [7] есть много интересного и по цифровым технологиям и мы к этому источнику непременно вернемся, но для иллюстрации того, что очень сильно меняются грани, например, между пассажирскими и грузовыми перевозками приведем только один пример из [7]:

«Исследование 2: Colas Rail - экспресс-доставки: "высокоскоростные железнодорожные грузовые решения"»

Colas Rail, в партнерстве с Eddie Stobart/Sainsbury's и TNT Urban Logistics, провели испытания, с использованием конвертируемого подвижного состава (вагоны автопоезда NVA) для перевозки грузов из супермаркета в передвижных контейнерах и поддонах для одежды и аксессуаров - даже автомобилей - от центрального железнодорожного соединенного складирования прямо на станции Euston.

С помощью клиентов, Colas разработала пилот "экспресс-сервиса", чтобы обеспечить: большой охват доставки в тот же день от центральных складов и более быстрого времени транзита, по сравнению с автодорогой и «классическими» железнодорожными грузовыми перевозками; и прямого доступа для железнодорожных грузов в городских центрах.

Colas модифицировала бывшие ранее в эксплуатации

пассажирские вагоны, которые способны работать на скорости 100 миль в час. Модификации включали дооснащение вагонов собственным источником питания для освещения и перевозки грузов вне зависимости от состояния окружающей среды с контролируемой температурой и встроенными крепежными ремнями, которые позволяют обеспечить безопасную погрузку, а это означает, что вагоны могут нести более широкий ассортимент товаров.

Творческий подход, принятый Colas, подчеркнул возможность железнодорожному транспорту предложить обслуживание экспресс-доставки грузов сразу в городских центрах, предоставляя решения национальной доставки в тот же день для клиентов с большей скоростью и снижением выбросов по сравнению с автодорогой».

Этот пример мы выбрали только для того, чтобы показать читателю, как цифровая экономика изменяет грузоперевозки, вовлекая в логистические процессы даже парк пассажирских вагонов. На рисунке 5 показана погрузка в такой вагон.



Рис.5 Перевозка грузов переоборудованными пассажирскими вагонами.

Приведенный пример - один из многих проведенных, описанных и проанализированных примеров изменений в бизнес процедурах, возникающих в цифровой трансформации и далеко не только в сфере информационных технологий. Их пилотирование и расчеты по возможным вариантам экономических последствий преобразования железной дороги в цифровую и позволили определить собственно информационно-коммуникационные преобразования, которые самими по себе могут требовать сопоставимо меньших затрат чем затраты в физической части железных дорог, которые информационно-коммуникационные порождают. Сегодня, например, в Британии за очень небольшой период времени возникшее резкое увеличение (как минимум на 40%) рынка подвижного состава и локомотивов бьются все значимые производители этой сложной и дорогой техники мира. Учитывая то, что такие процессы начались во всех регионах человеческого проживания (о чем мы сказали выше), имеющих железные дороги, высока вероятность того, что это процесс становится

глобальным изменением огромного и сложного производственного рынка.

Необходимо понимать, что сегодня происходит мировой взрыв количества железнодорожных проектов. В этой неспешной отрасли уже произошло резкое увеличение числа проектов (рис 6), Китай безусловный лидер этих железнодорожных преобразований и их проект «железнодорожного шелкового пути» сегодня самый большой проект в мире и в части железнодорожного транспорта тоже (рис 7). Общая мировая картина важных существующих железнодорожных магистралей и планируемых приведена на рис. 8. При этом цифровая железная дорога изменяет очень многие предыдущие расчеты и, по сути, меняет этот огромный инфраструктурный мировой рынок. Так, например, читатель может сопоставить небольшой рост железнодорожных проектов в Северной Америке (рис. 6) с тем, что мы излагали выше в разделе про цифровую железную дорогу США.

При уже созданной большой железнодорожной сети нет смысла строить новые железные дороги. Не смотря на то, что полные бизнес-кейсы для ускоренной программы цифровой инфраструктуры будут завершены в США и Великобритании в конце 2016 года, в настоящее время все указывает на то, что в целом стоимость будет меньше, чем текущие планы простого перехода на цифровую сигнализацию. И доходы при этом будут больше, потенциально их увеличение прогнозируется вплоть до тридцати процентов. Несмотря на то, что будет ряд предварительных затрат,

связанных с модернизацией железнодорожной сети, цифровые технологии будут добиваться значительной экономии в будущем и сделают работу железных дорог дешевле. Цифровая модернизация также дает возможность привлечь значительные инвестиции частного сектора в железную дорогу.

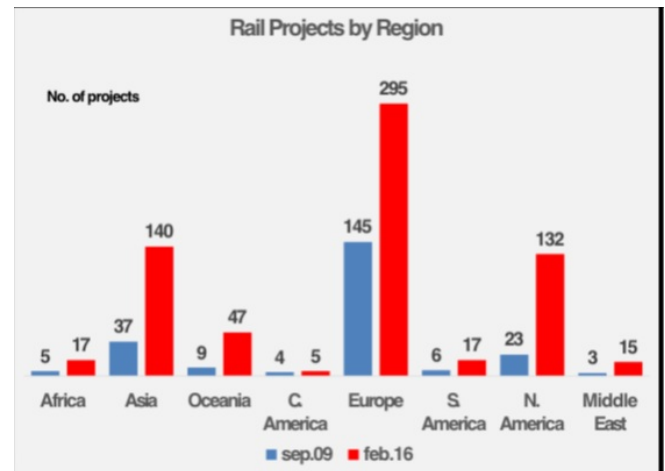


Рис 6. Рост числа железнодорожных проектов в мире. Синим цветом отмечен 2009 год, красным цветом отмечен 2016 год. Source: Railway Technology



Рис. 7. Железнодорожные транспортные коридоры в мега-проекте Китая «шелковый путь» SOURCES - World Nuclear Association, Reuters, China Daily, Wall

Street Journal, Reuters, Chicago Tribune

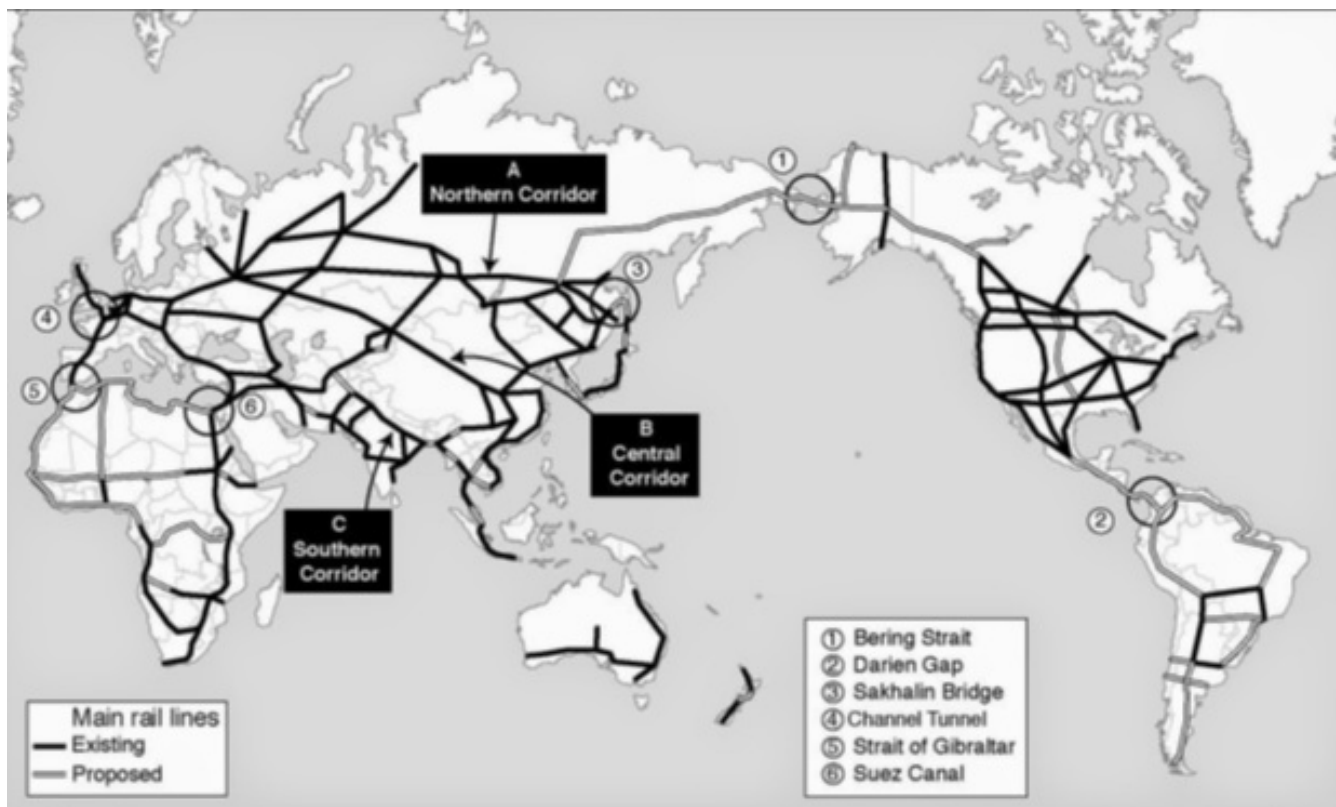


Рис. 8. Существующие и будущие железнодорожные соединения мира

IV ИНТЕРНЕТ ЦИФРОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ – ОСНОВА ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Сложность создания единого архитектурного пространства или подключенных поездов, железнодорожных станций и инфраструктуры заключается именно в поездах. Поезда объект движущийся, состоящий из металлических деталей, находящийся в разнообразных природных условиях и состоящий к тому же из множества систем, которые обеспечивают его движение и создание в нем комфортных условий, как для пассажиров, так и для грузов. В поездах очень ограниченные возможности для размещения электронного оборудования и его энергопитания. Для самого сложного варианта – пассажирского это еще необходимость удовлетворить потребности клиента в разных видах связи, информационных соединениях, услугах и развлечениях. При этом приоритетным остаются вопросы управления движения поезда и вопросы безопасности.

Накопленный багаж решений в железнодорожной отрасли, с точки зрения архитектуры IT, поэтому состоит из различных не интегрированных решений, базирующихся на различных технических протоколах и подходах. В случае массового и экономически целесообразного решения, учитывающего сочетание и все требования, возникает необходимость предложить такое архитектурное интегрированное IT решение, которое к тому же соответствовало и транспортным требованиям, безопасности и потребностям бизнеса. Поезда, вагоны и локомотивы - изделия дорогие и длительного пользования, да еще комплектуются в

определенные сочетания для перевозочного процесса в определенных бизнес-задачах конфигурации на различных сортировочных станциях со своими ограниченными возможностями.

Приведем рисунок 9 описывающий эту ситуацию из [6], который собственно и есть стандарт британских железных дорог по теме подключенного к интернету поезда. На рисунке 9 схематически изображена типовая текущая комплектация вагона информационно-коммуникационными системами сегодня (верхняя часть) и соединение одного вагона с другим. Ниже на том же рисунке изображено то, чему, собственно, и посвящен стандарт – архитектуре интегрированного решения на уровне вагона и его соединение с другим таким же вагоном.

Сеть проводных коммуникаций и связи строится на сочетании проводных физических соединений на Ethernet ISO / IEC и должна быть предоставлена версией 11801 Категорией 'CAT' 7 класса F кабелями и связанными с ними переключателями для поездов, которые еще не оснащены шиной Ethernet или железнодорожной сети связи (TCN - Ethernet Train Communications Network) с резервными мощностями» [6] и RF кабелях, что хорошо видно на рисунке 5. Такая конструкция позволяет стандартно соединять вагоны разъемами при их сортировке и составлении поездов.

На уровне вагона стандартизировано использование радиосвязи требование [6] звучит следующим образом: «Решение проблем требует структурированного подхода. В будущем каждый пассажирский поезд должен иметь MCG, поставляя подключения к железнодорожной сети, поддерживающей широкий спектр услуг, которые могут включать пассажирский Wi-Fi; Femtocells; системы видеонаблюдения, в том числе Police and Criminal Evidence (полицейские

доказательствах по уголовным делам PACE) совместимое оборудование; TVM; концентратор для розничной торговли; On Train Monitoring Recorder (OTMR) учет электроэнергии; и другие системы. Основной телекоммуникационной системой для управления движением поездов является глобальная система для мобильных устройств (GSM-R). Там, где не работает передача данных по GSM-R, поездные (On-Train) услуги мобильной связи могут рассматриваться в качестве запасного альтернативного соединения в деградированных режимах, чтобы сохранить управление движением поездов». Дополнительно оговаривается использование систем позиционирования и космической связи, типы размещаемых антенн «беспроводные Интернет антенны должны поддерживать те же стандарты Wi-Fi, как и WAP» [6] и множество других подробностей монтажа, эксплуатации, минимальных уровней обслуживания пассажира по разным направлениям, включая электронные средства

развлечений и многое другое.

Сутью этого введенного в действие летом 2016 года стандарта является построение систем на базе IP протокола, который есть основа построения любого Интернета, какие бы дополнительные слова после этого не добавляли (вещей, семантический, физический, тактильный, всюду, промышленный, нано вещей и т.д.), что позволяет обеспечить долгосрочность и развиваемость IT архитектур железной дороги. Необходимо сказать, что этот стандарт появился на свет после нескольких лет исследований, изучения текущей практики, расчетов и касается исключительно условий железных дорог Великобритании. Однако как показывает мировая практика, британская стандартизация одна из лучших в мире, и мы в России часто следуем российским стандартам, даже не подозревая об их британских корнях.

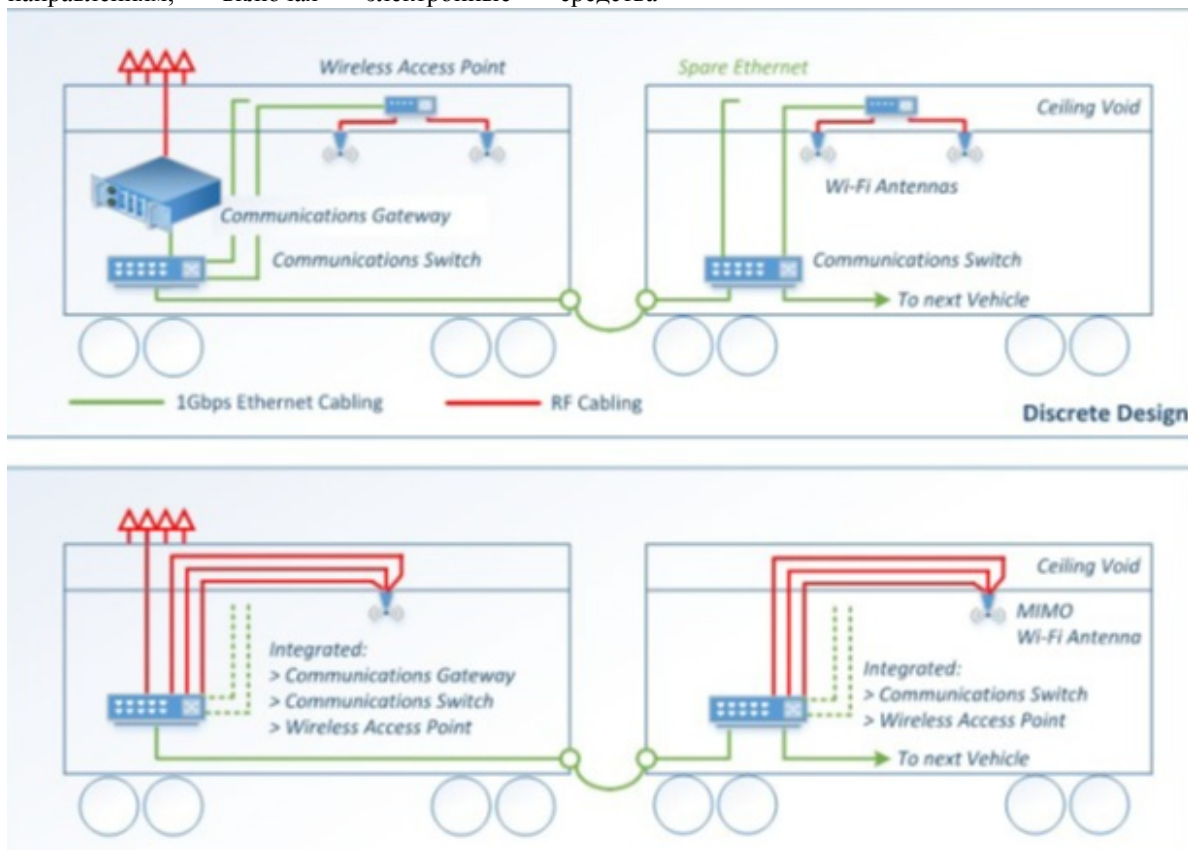


Рис. 9. Неинтегрированное и интегрированное решения. Подключение вагонов к информационно-коммуникационным системам. Верхняя картинка разнородные решения. Нижняя картинка интегрированные решения (источник DfT).

Стандарт [6] собственно в этом году стал обязательным для закупок и систем цифровой железной дороги, первые две линии которой войдут в эксплуатацию в 2018 году. Понимая размерность грядущего рынка сбыта решений, для начала в США и Великобритании начался ажиотаж среди компаний железнодорожной отрасли и информационно-телекоммуникационного сектора. Обозначилось два подхода. Первый состоит в комплексной поставке

решений вместе с подвижным составом или в виде больших комплексов. Это предлагают такие промышленные тяжеловесы с Северо-Американского континента такие как GE и Bombardier-Transportation. Однако не все в этом подходе логично. Гораздо более интересны решения компаний уже работающих с железными дорогами Великобритании и Европы – они лучше знают специфику рынка и его технические особенности.

Подвижной железнодорожный парк сегодня состоит из огромного множества типов транспортных средств, начиная от устаревающих аналоговых транспортных средств до очень сложных новых высокоскоростных поездов. Иногда, независимо от возраста, до сих пор существует большое количество устройств и бортовых

систем, которые операторы и диспетчеры не могут видеть и ими управлять

Собственно в британском стандарте получила развитие концепция единой коммуникационной платформы совместно используемой всеми критически важными системами, не связанными с безопасностью – «Подключенный к сети поезд». Считается, что, что все системы, цифровые или наследуемые аналоговые, должны иметь возможность обмениваться данными, самостоятельно анализировать и реагировать на

события, которые имеют к ним отношение и поделиться этим с другими системами. Основные информационно-телекоммуникационные системы подключенного поезда мы приводим на рис.10 и для удобства читателей мы их названия приводим на русском, но создание таких систем это дело конкретных железнодорожных компаний, которые при этом все равно должны следовать оговоренным минимальным требованиям стандарта.



Рис. 10. Основные информационно-телекоммуникационные системы подключенного к сети поезда.

Сложные условия окружающей среды, на железнодорожном транспорте и среда общественной безопасности требуют очень надежных решений. Высокоскоростные сети на поезде и оборудование там (Trackside) должны выдерживать значительные перепады температуры, экстремальные погодные условия, вандализм, шок, и вибрации, например. К тому же:

- Энергопитание не так легко доступно на поезде, как это, например, решается в здании, а также бортовой диапазон напряжения на поезде не характерен для других промышленных вертикалей.

- Железнодорожные вагоны не предназначены для крупных приборов для развертывания сети. Сетевое оборудование должно использовать минимальное пространство.

- Это может быть трудно, или даже невозможно, осуществить беспроводное покрытие высокоскоростной связью всей железнодорожной инфраструктуры. Географические факторы, проблема права прохода и помехи часто мешают последовательной сотовой связи и охвату Wi-Fi.

- Вагоны передвигаются. Иногда они перемещаются для технического обслуживания или вставки в другой поезд. Некоторые железнодорожные операторы предпочитают беспроводные решения для каждого вагона; другие только вне вагонов от передних и до задних вагонов. Однако европейский вариант (Британский) архитектурной IT интеграции основных рабочих элементов цифровой железной дороги уже сформировался, и он приведен на рисунке 11 и он соответствует формирующейся экосистеме стандартов железнодорожного интернета.

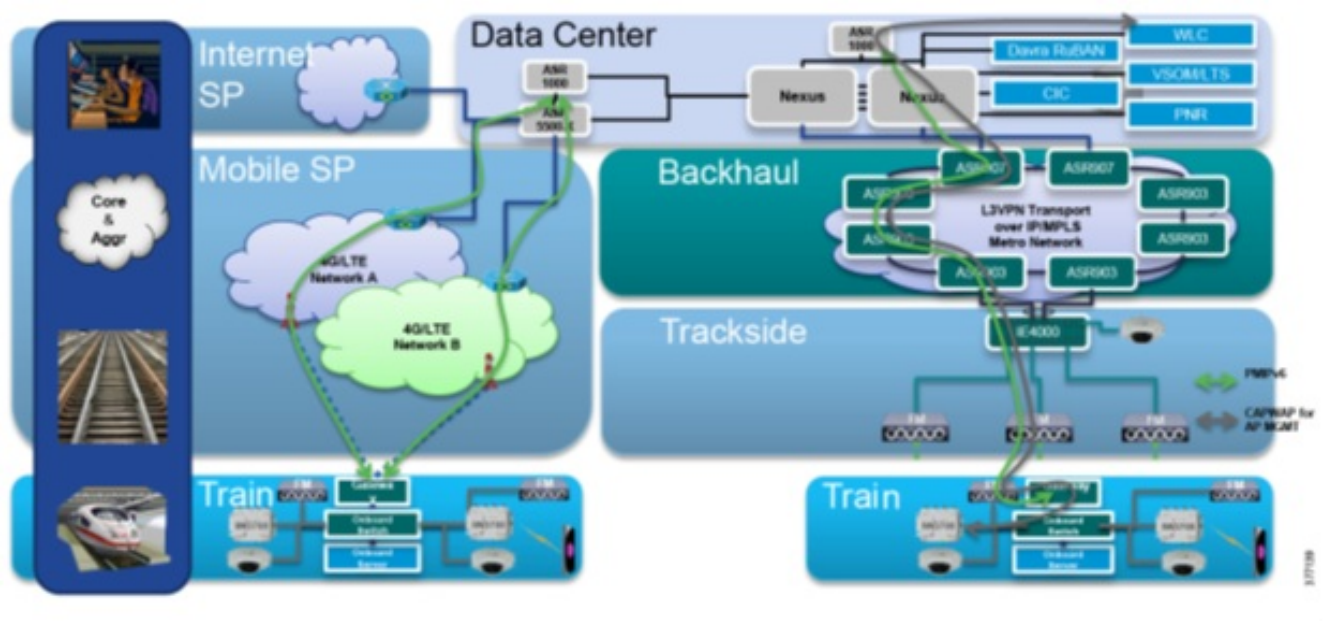


Рис. 11. Европейский вариант (Британский) архитектурной ИТ интеграции основных рабочих элементов цифровой железной дороги

извлечь выгоду за счет более сильного присутствия на рынке и меньших трат времени, если они используют стандарты.

Почему использование стандартов важно в контексте цифровой железной дороги? Дело в том, что стандарты это не только требования, но и связанные с ними инструменты, которые оценивают эффективность по стандартам, и, поэтому, это будет играть решающую роль в укреплении ожидаемого, экспоненциального роста железнодорожного рынка IoT и других технологий в последующие годы. Основными причинами значимости темы стандартизации являются:

1. стандарты обеспечивают качество того, что это создается и внедряется
2. они повышают конкурентоспособность на рынке сегодняшнего глобализованного и связанного рынка
3. они добавляют добавочную выгоду, сопоставимость и помогают осуществлять необходимые активные и реактивные изменения
4. они позволяют добиваться низкой стоимости маркетинговой стратегии с хорошей наблюдаемостью процесса
5. они позволяют избегать ситуаций начинать с нуля, и
6. они позволяют добавлять новые структуры к растущему рынку появляющихся технологий.

Любое решение, проект, продукт, а также компания или услуга (SPPS) в настоящее время на рынке могут

V ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Для проектов цифровой железной дороги в России и странах, которые хотят участвовать в «железнодорожном шелковом пути» чрезвычайно важно рассмотреть как экономические аспекты его создания, так и технические максимально подробным образом. Во всех странах к этому подключаются университеты и академическая наука. Например, в Великобритании это называется Академической инициативой для цифровой железной дороги, которая всячески поддерживается как железнодорожными компаниями, так и правительственными структурами. На рисунке 12 мы приводим одну из таких иллюстраций общего архитектурного развития, а на рисунке 13 это конкретизировано для железнодорожной станции. На рисунке 12 и 13 видно, что предполагается дальнейшее развитие интернет – архитектурного ИТ решения для железных дорог. Следуя принятому стандарту, планируются исследования в различных направлениях и, в том числе, по возможному применению дешевеющих сенсоров интернета вещей.



Рис. 12. Развитие архитектур решений цифровой железной дороги.

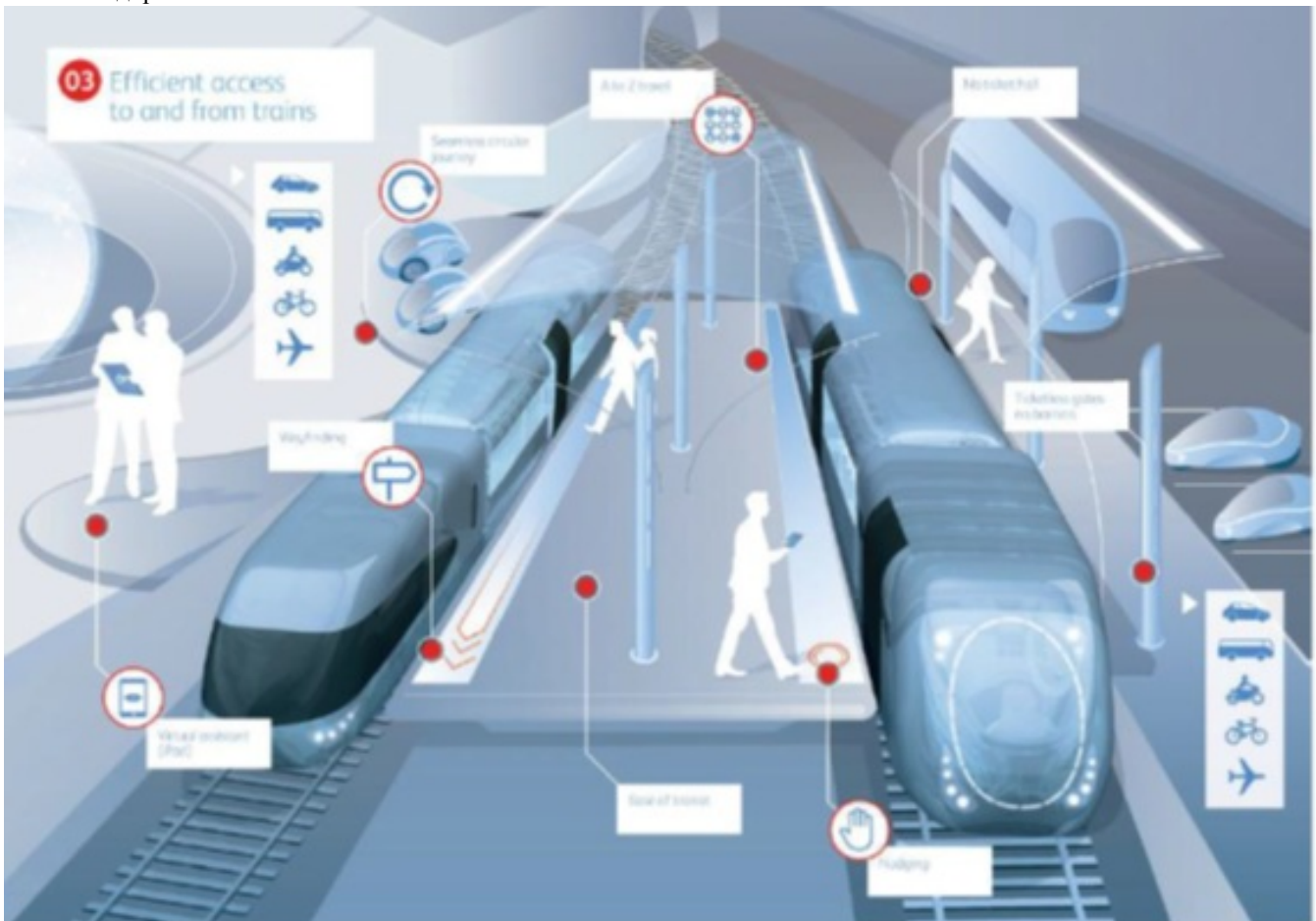


Рис. 13. Развитие архитектур решений железнодорожной станции.

Сравнительный анализ уже имеющегося опыта построения IT архитектур Европы и США позволяет

сказать, что в основе решений находится архитектура интернета, которая при ее использовании в России обеспечивает возможности как большого выбора в решениях, так и создание в России конкурентных решений в этой архитектуре. В этой архитектуре

происходит бурное развитие как полевого слоя решений, базирующегося на технологиях интернета вещей, так и технологий больших данных, искусственного интеллекта и других.

В мире нарастает большой железнодорожный бум и это означает, что уже сегодня надо, не мешкая, защищать интересы своих проектов и в максимально сжатые сроки рассматривать технологические решения, иначе можно просто не попасть на этот уже набирающий скорость «поезд».

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Куприяновский В.П., Суконников Г.В., Сияглов С.А., Намиот Д.Е., Карасев О.И., Бубнов П.М. Цифровая трансформация экономики, железных дорог и умных городов. Планы и опыт Великобритании // International Journal of Open Information Technologies. 2016. – Т. 4. – №10 С.22-31.
- [2] Куприяновский В.П., Суконников Г.В., Ярцев Д.И., Кононов В.В., Сияглов С.А., Намиот Д.Е., Добрынин А.П. Цифровая железная дорога - целостная информационная модель, как основа цифровой трансформации // International Journal of Open Information Technologies. 2016. – Т. 4. – №10 С.32-42.
- [3] Сияглов С.А., Куприяновский В.П., Суконников Г.В., Буланча С.А., Намиот Д.Е., Куприяновская Ю.В. Цифровая железная дорога - издание цифровых активов. По материалам проекта модернизации системы управления активами Network Rail (UK) // International Journal of Open Information Technologies. 2016. – Т. 4. – №10 С.43-54.
- [4] Николаев Д. Е. и др. Цифровая железная дорога-инновационные стандарты и их роль на примере Великобритании //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 10. – С.55-61.
- [5] Куприяновский В. П. и др. Цифровая железная дорога-прогнозы, инновации, проекты //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 9. – С.34-43.
- [6] Rail Industry Standard for Internet Access on Trains for Customer and Operational Railway Purposes. Rail Industry Standard. RIS-0700-CCS Issue: One Date: June 2016.
- [7] Rail Freight Strategy Moving Britain Ahead. September 2016. Crown copyright 2016.
- [8] Куприяновский В. П., Намиот Д. Е., Сияглов С. А. Демистификация цифровой экономики //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 11. – С.59-63.
- [9] Куприяновский В. П. и др. Информационные технологии в системе университетов, науки и инновации в цифровой экономике на примере Великобритании //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 4. – С.30-39.
- [10] Rail Cyber Security. Guidance to Industry. Crown Copyright 2016
- [11] Long Term Passenger Rolling Stock Strategy for the Rail Industry Fourth Edition, March 2016.
- [12] Freight Network Study Long Term Planning Process Draft for Consultation. Network Rail .August 2016
- [13] Future Potential for Modal Shift in the UK Rail Freight Market . ARUP September 2016.
- [14] Global Smart Railways Industry Report 2016. www.wiseguyreports.com Published Date: July 2016
- [15] The fourth railway package. Another step towards a Single European Railway Area. EPRS | European Parliamentary Research Service Author: Damiano Scordamaglia with the collaboration of Ivana Katsarova Members' Research Service March 2016 — PE 579.088.
- [16] Why short-haul intermodal rail services succeed. Report 139 Department of Infrastructure and Regional Development Canberra, Australia Commonwealth of Australia .2016.
- [17] The Cost Effectiveness of America's Freight Railroads Association of American Railroads May 2016.
- [18] REPORT 1 Safety and Innovation. AAR.org Report. 2016
- [19] GAO-16-714R Railroad Financing. July 13, 2016.
- [20] RAIN BRAKING. DOT's Rulemaking on Electronically Controlled Pneumatic Brakes Could Benefit from Additional Data and Transparency. GAO-17-122. United States Government Accountability Office. Report to Congressional Committees. October 2016

On Internet of Digital Railway

Vasily Kupriyanovsky, German Sukonnikov, Sergey Sinyagov, Dmitry Namiot, Sergey Evtushenko,
Natalia Fedorova

Abstract— The article deals with issues related to the design of digital railway. In this case, we are talking about a model for a network in digital railway. This model includes the connected trains and railway stations, as well as the infrastructure. Pilot projects of digital railroads show an increase in capacity of 40%, at low financial cost and deadlines. The article discusses in detail the experience of the transition to the digital railroad in the United States. The article describes the role of the Internet of Things in the implementation of projects of the digital railway. We propose the approaches to the implementation of such projects in Russia.

Keywords—Digital economy, Digital railway