

Возможности развития цифровой железной дороги, как базы мультимодальной транспортной системы умных городов в условиях цифровой экономики

И.А. Соколов, А.С. Мишарин, В.П. Куприяновский, О.Н. Покусаев

Аннотация — Рельсовый транспорт в мире, как наиболее энергоэффективный, экономичный и экологичный вид транспорта находится в центре внимания практически всех стран. Для Умных городов, теряющих большие средства от автомобильных пробок, развитие городских железных дорог также становится одним из приоритетов. Цифровые системы на железнодорожном транспорте, например, известные сегодня как «цифровые железные дороги», очень резко изменили возможности и подходы к планированию и использованию транспорта. Они позволяют снизить цены на перевозку людей и грузов на 50% и увеличить емкость этого вида транспорта на 50%. Вопросам развития инфраструктуры цифровой железной дороги в городе, тому, как это делается в Европе и мире, а также тому, как это можно делать в России, и посвящена данная статья.

Ключевые слова — Умный город, мобильность, цифровая железная дорога, цифровая экономика.

I. ВВЕДЕНИЕ

Урбанизация ускоряется, требуя новых транспортных решений. Сегодня более половины населения мира уже живет в городах, и доля городов растет (в России это 72% населения). Цифровая экономика, как наиболее динамичная часть современной экономики также преимущественно развивается в городах. В то же время мир сталкивается с трудными последствиями глобального изменения климата и 2017 год объявлен Президентом РФ годом экологии. Указы Президента РФ [1,2,3] определили переход России к цифровой экономике, частью которого должно стать внедрение цифровых технологий на транспорте.

В этих условиях развитие экономики нашей страны сегодня требует быстрой, надежной и безопасной мультимодальной транспортной системы, которая могут

принимать огромное количество людей и грузов в одном пункте и перемещать их к другому, создавая сильную согласованность развития внутри и между городами, а также в сельской местности. Как результат транспортные проекты растут в размерах и сложности. Формирование инженерных и других технических дисциплин выглядит как кусочки головоломки, из которых необходимо создать будущее, смотрящее на 360° решение, которое отвечает функциональным и финансовым требованиям при уважении потребностей окружающего сообщества и всех заинтересованных сторон. Нам представляется, что сегодня необходимо вовлечь лучшие ценности и традиции российской транспортной отрасли, ученых и высших учебных заведений, учесть лучший мировой опыт для создания интеллектуальных и надежных транспортных решений, которые будут экономически выгодны, социально и экологически устойчивы.

Рельсовый транспорт в мире, как наиболее энергоэффективный, экономичный и экологичный вид транспорта находится в центре внимания развития практически всех стран [4-21], но для его планового развития необходимо учитывать как российские реалии, так и развитие в целом всей транспортной системы страны. Инновационные методы, новые технологии и поддержка цифровых инструментов, тесный диалог с клиентами и партнерами необходимы, чтобы лучше решить эти проблемы. Необходимо предлагать интегрированные решения на протяжении всего жизненного цикла проектов, от осуществимости исследования и проектирования транспортных операций до строительства и обслуживания. Все возрастающая сложность таких инфраструктурных транспортных проектов требует целостного подхода и конкретных технических компетенций для обеспечения согласованных и высококачественных решений, в центре которых стоят все виды рельсового транспорта (рисунок 1).

Каждый инфраструктурный транспортный проект уникален. Тем не менее, большинство железнодорожных проектов и более широко - рельсового транспорта, будь то строительство или модернизация, должны интегрироваться с элементами существующей транспортной системы для

Статья получена 15 октября 2017.

И.А. Соколов - Национальный центр компетенций в цифровой экономике МГУ, ФИЦ «Информатика и управление» РАН (email: isokolov@ipiran.ru)

А.С. Мишарин - ОАО РЖД (email: info@vsmexpert.ru)

В.П.Куприяновский - Национальный центр компетенций в области цифровой экономики (email: vpkupriyanovsky@gmail.com)

О.Н.Покусаев - Центр цифровых высокоскоростных транспортных систем РУТ (МИИТ) (email: oleg@pokusaev.com).

формирования когерентной мультимодальной транспортной системы России. Это означает обеспечение бесшовной интеграция с существующими системами и сетями, оптимизацию возможностей для конечных пользователей, улучшение их опыта путешествий и использование самых современных технологий для повышения прибыльности, которая будет жизнеспособной не только сегодня, но и в

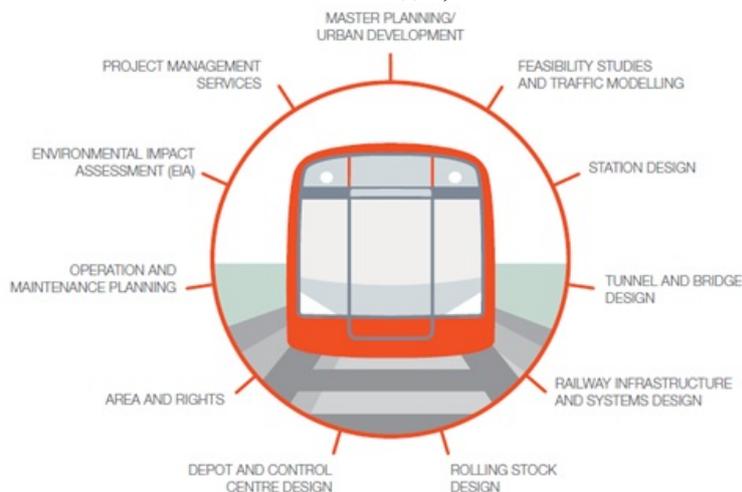


Рис. 1. Круг основных вопросов, которые необходимо рассмотреть при модернизации и создании рельсовых транспортных систем (источник – компания COWI- крупнейшая строительная датская компания, имеющая большой опыт в строительстве современных рельсовых систем)

Массовые по перевозке людей и грузов, точные по расписанию движения, скоростные рельсовые системы в городских районах не только облегчают легкое и быстрое перемещение, но и оказывают положительное влияние на экономический рост и качество жизни. Они приводят к увеличению доходов и различных преимуществ для общества, таких как снижение внешних издержек из-за сокращения пробок, дорожных и парковочных расходов, транспортных расходов и расходов на душу населения по дорожным авариям. Системы быстрого массового транзита, как правило, уменьшают долю владения автотранспортными средствами на душу населения и вызывают использование и поощрение более компактного и доступного шаблона разработки, который обеспечивает социальные выгоды для общества. Снижение стоимости и времени проезда снижает стоимость производства товаров и услуг, что значительно улучшает конкурентоспособность городов и страны в целом. Одним из важных вкладов таких систем является значительное сокращение на душу населения выбросов загрязняющих веществ, снижающие влияние на различные хронические заболевания; следовательно, приводит к огромной пользе для здоровья граждан нашей страны.

долгосрочной перспективе. Ключевую роль в цифровой экономике сегодня играют города, которые сами трансформируются информацией и технологией в умные города [5], они же становятся ареной удивительных транспортных изменений [4], поэтому далее мы сосредоточимся именно на городской транспортной тематике.

II МАССОВЫЕ СКОРОСТНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ В ГОРОДАХ

Но рельсовый транспорт не может решить всех транспортных задач. На базе мирового и российского опыта выработались следующие компоненты массовых скоростных транспортных систем в городах:

1. Автобусные полосы и автобусные экспресс-транзитные системы (Busways and Bus Rapid Transit System (BRT или BRTS)). Это автобусы, физически движущиеся по демаркированным автобусным полосам автодорог вдоль главной проезжей части, составляющим отдельный коридор для движения автобусов. На пересечениях и перекрестках им может быть присвоен приоритет над другими режимами транспорта через сигнализацию, управляемую цифровыми системами. Современные BRTS, являются расширенной формой автобусных систем, которые включают в себя такие функции, как удобства для пешеходов, немоторизованных транспортных средств (NMV это обычно велосипеды) и многие другие формы транспорта, связанные с интеллектуальной инфраструктурой, которая обеспечивает согласованные транспортные операции и контроль с помощью цифровых средств.

2. Легкий железнодорожный транзит (LRT). LRT, как правило, так же выступает как основа систем массового транзита, которая обычно отделена от основной проезжей части и может быть в разных формах.

3. Трамваи: это система на основе рельсов, которая не является разделенной и часто перемещается в условиях смешанного движения.

4. Метро и железные дороги - это полностью изолированная система железнодорожного массового транзита, которая может быть как наземной, так и подземной. Из-за физической разделенности и системных технологий, такие системы имеют очень высокую пропускную способность: 40 000 - 80 000 пассажиров в час на направлении (PPHPD). Такие городские системы также включают монорельсы, которые, однако, имеют более низкие мощности и более высокую стоимость обслуживания.

5. Региональный железнодорожный транспорт: региональный железнодорожный транспорт обслуживает пассажирские перевозки в пределах более крупных городских агломератов или городских районов, соединяющих окраины к центру города. Он имеет большее количество остановок на меньших расстояниях по сравнению с железными дорогами, рассчитанными на дальние расстояния, но делает меньше остановок и достигает более высоких скоростей по сравнению с метро. Региональный железнодорожный транспорт распространен в крупных столичных городах и помогает в разгрузке центра города, обеспечивая безопасный и быстрый доступ к городскому центру для пассажиров, проживающих в менее перегруженных пригородах.

Выбор способа массового городского транзита, как и выбор конкретного MRTS, будет зависеть от множества факторов, таких как спрос, мощность, стоимость и легкость реализации. Системы BRT или LRT в классе могут потребовать линейного пути, выделенного из существующих дорог и земель, если дополнительное пространство не может быть сбоку. Они могут уменьшить пространство для другого трафика в зависимости от ширины существующих дорог. LRT и трамваи без горизонтального разделения на дорогах будут иметь меньшие скорости и, следовательно, уменьшенную мощность перевозки по сравнению с проектной. Способность MRTS обычно обозначается как количество пассажиров в час на направление (passengers per hour per direction -PPHPD). Они обычно имеют емкость 10 000-15 000 PPHPD на одной полосе, но она может быть увеличена с помощью дополнительных полос.

Сравнительно, железнодорожные системы и метро способны нести гораздо больший объем пассажирских перевозок: 60 000 - 80 000 PPHPD. Такие системы на основе рельсов также обычно способны обеспечить быстрое обслуживание, повысить качество езды и регулярность обслуживания из-за физического разделения. Уместно заметить, что вышеупомянутые возможности различных систем могут достигаться только в лучшем случае, и являются только параметрами для ориентации. Окончательный выбор режима будет зависеть от общей осуществимости транспортной системы.

Из-за самой природы городского транспорта и его нераздельного и сложного соединения с вопросами городского развития, крайне важно, чтобы эти проекты согласовывались, в целом, с Перспективами развития конкретного города и пониманием особенностей города

и детально формулировали планы городского транспорта для этого города. Для этого должен применяться комплексный системный подход к планированию городских земель, их использования и, в том числе, для транспортной инфраструктуры. Системный подход должен также применяться в планировании мультимодальных транспортных систем в городе. В этих планах город может быть представлен зонами землепользования, наложенными на соответствующие транспортные сети. Рассматривая городскую зону как систему, и признавая взаимодействие между землепользованием, движением и транспортом, возможно, предсказать будущие потребности и, соответственно, оценить альтернативные режимы для наиболее оптимального плана мобильности для города. Обычно итоговым документом является комплексный план мобильности.

Комплексный план мобильности (Comprehensive Mobility Plan CMP) сегодня является обязательным документом для планирования железной дороги и метрополитена в любом городе, имеющем население более чем в два миллиона, и которые на его базе могут начать планирование систем массового транзита, в том числе железных дорог и метрополитена на основе CMP. Интеграция между различными режимами транспорта, такими, как системы, использующие проезжую часть автодорог, метро, железная дорога, немоторизованный транспорт и других видов транспорта, повышает мобильность граждан и поощряет развитие общественного транспорта. Существующие железные дороги, пригородные службы или системы круговых рельсовых систем, если таковые имеются, должны быть интегрированы с железнодорожным транспортом и другими видами транспорта. Необходимо, чтобы различные поставщики услуг сотрудничали посредством подписания Меморандума (MoB), чтобы обеспечить бесшовную интеграцию между различными режимами, что может послужить основой построения MaaS [4].

Поскольку системы рельсового транспорта представляют собой системы с высокой пропускной способностью с большими концентрациями людей в часы пик, важно, чтобы были обеспечены безопасность и безопасность системы соответственно. Поскольку безопасность является функцией государства и требует непосредственного вовлечения в проекты соответствующих служб.

Фидерные транспортные системы до станций метрополитена и железных дорог должны обязательно рассматриваться для каждого предложения. Они помогают увеличить площадь сбора для каждой такой станции, по крайней мере, до радиуса в 5 км. Подключение последней мили через пешеходные возможности, инфраструктуры немоторизованного транспорта (NMT) и индукционные средства для транзитных режимов стали основными требованиями для использования любых видов со-финансирования в мире для предлагаемых проектов железных дорог, как и возможности реализации MaaS [4].

Также практически обязательными стали требования на транзитно-ориентированное развитие (ТОД) и в проектном предложении должны обязательными стали разделы «Транзитно-ориентированного развития (ТОД)» с предлагаемой интермодальной интеграцией, универсальной доступностью, адекватными дорогами и путями для немоторизованного транспорта (NMT), станции общего пользования велосипедами, соразмерные автостоянки для велосипедов и персональных транспортных средств, а также надлежащее обустройство для приема и отправки фидерных автобусов на всех таких станциях. Значительная часть этих вопросов была изложена в работе [4].

III ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬСОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ИНФРАСТРУКТУР (BIM, GIS)

Цифровые системы на железнодорожном транспорте, известные сегодня как «цифровые железные дороги», очень резко изменили возможности и подходы. Они позволяют снизить цены на перевозку людей и грузов на 50% и увеличить емкость этого вида транспорта на 50%. Исторически, ядро цифровой железной дороги в виде цифровой системы сигнализации, управления и связи возникло на высокоскоростных железных дорогах (далее ВСМ). Реализация цифровых подходов в городах невозможна без установления связи физического состояния транспортных инфраструктур и их цифровых образов и согласованного управления, как физическими, так и цифровыми активами [4,5]. Для того, чтобы достичь этого, необходимы преобразования в физическом мире городов, и это всегда либо реконструкция, либо строительство новых объектов. Именно поэтому мы начинаем с BIM.

Железнодорожные проекты часто связаны с различными дисциплинами, а также с лицами, принимающими решения, и органами власти. 3D и другие цифровые инструменты позволяют нам тесно сотрудничать с ними и партнерами во время всего проекта. Они позволяют обеспечить интегрированные услуги и четкую связь между сторонами, используя 3D-дизайн с раннего этапа проектного процесса. Добавляя BIM (моделирование информации о зданиях) к нашему набору инструментов, мы объединяем несколько слоев информации о проекте в одну когерентную виртуальную модель, которая доступна из любого места страны. Благодаря таким цифровым решениям возможно управление физическими и цифровыми активами, когда дело доходит до эксплуатации и обслуживания. Важно, что начиная с BIM, возможно рассчитать и минимизировать затраты в жизненном цикле транспортной инфраструктуры [4,5,22-26,47]. На рисунке 2 мы приводим круг задач, которые решаются в жизненном цикле транспортных инфраструктур. Для того, чтобы читатель смог себе наглядно посмотреть, что дают подходы BIM, GIS на железнодорожном транспорте мы приводим рисунок 3. На нем видно, что, по сути, результатом технологий BIM, GIS на железнодорожном транспорте является точная геометрия инфраструктуры, позволяющая делать невероятное количество полезных расчетов, например, для движущегося поезда и эксплуатации самого транспортного актива. Однако стоит понимать, что функциональность технологии BIM гораздо шире (рисунок 4), и это скорее технология, позволяющая организовать процессы в жизненном цикле оптимальным образом.

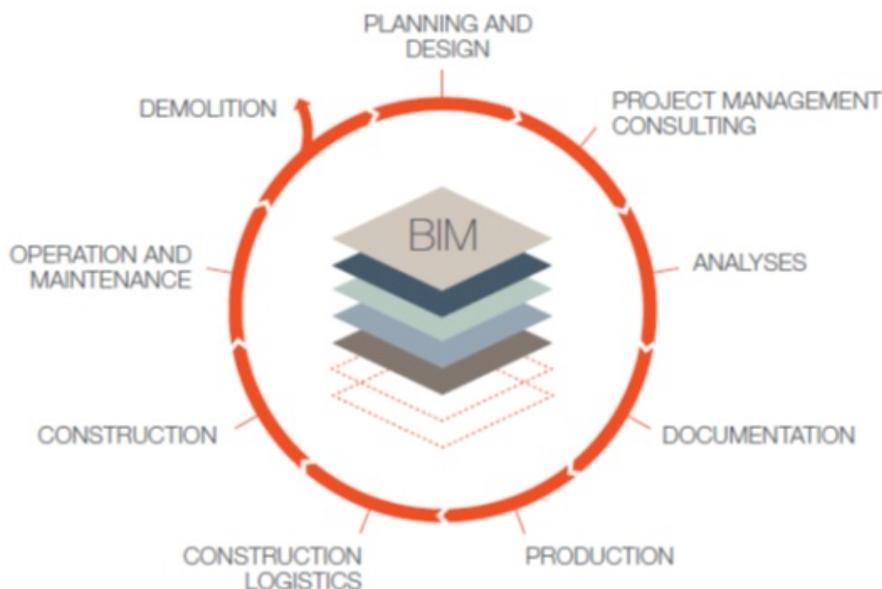


Рис. 2 Круг задач, которые решаются в жизненном цикле рельсовых систем с помощью BIM (источник – компания COWI)

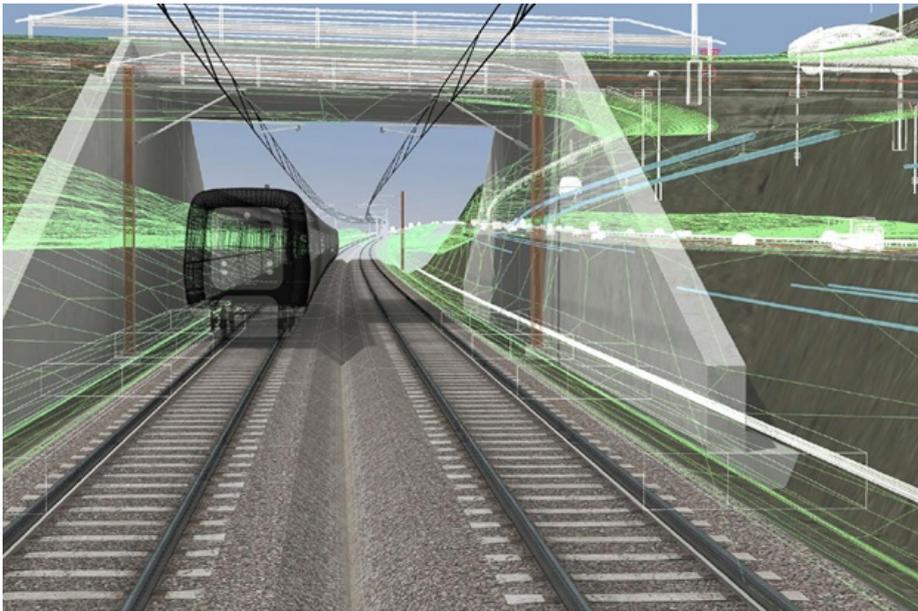


Рис. 3. Как выглядит железная дорога в форматах BIM, GIS (источник: COWI)

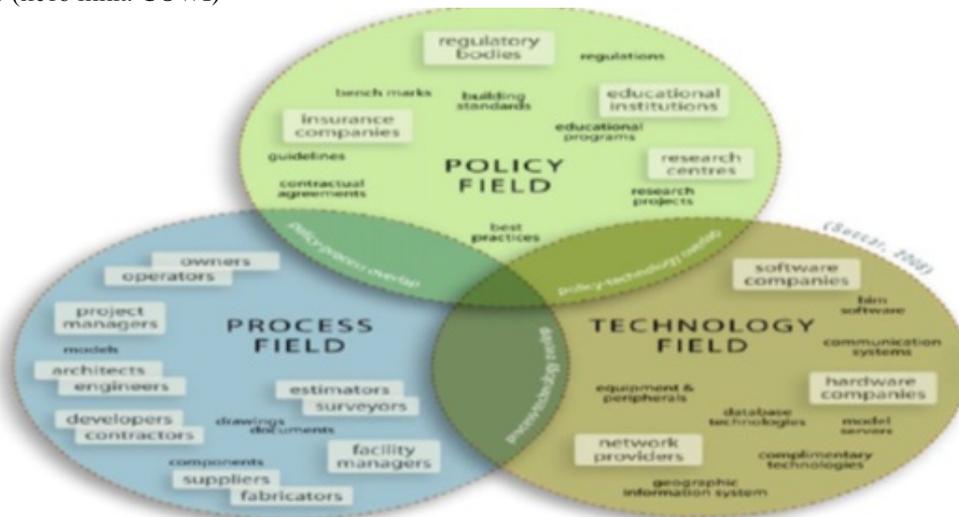


Рис. 4. BIM связанные области деятельности [26].

IV ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ СИГНАЛИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ – ERTMS И БУДУЩАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

Высокая безопасность, точная настройка и большая емкость в физическом мире инфраструктур рельсового транспорта с помощью специальных цифровых устройств, точных данных, программного обеспечения, защищенных по высшей категории безопасности это и есть цифровые системы сигнализации и управления ERTMS. Это основные движущие силы для управления железнодорожным движением в Европе. Система ERTMS, которая в настоящее время внедряется в на 9 железнодорожных общеевропейских коридорах (TEN-T) как общеевропейская программ и практически во всех странах Европы (даже не членах ЕС), в Китае многих

других странах, дала новую жизнь рельсовому транспорту. При поддержке ЕС цели системы служат для улучшения трансграничной совместимости и закупок сигнального оборудования путем создания единого стандарта для поездов и системы управления по всей Европе. Например, Дания и Норвегия были первыми странами, принимающими ERTMS в масштабе всей страны, за которыми последовали и другие. ERTMS выступает в качестве интегрированной части операций управления на базе железнодорожной системы сигнализации. В Дании осуществление перехода на ERTMS как ожидается, будет завершен в 2021 году и в Норвегии к 2030 году. ERTMS и сеть - это основа более широкого понятия цифровой железной дороги, и как основа она вносит определяющий вклад в ее экономические (и другие) показатели [6,11]. Как выглядит функциональная схема ERTMS ETCS показано на рисунке 5.

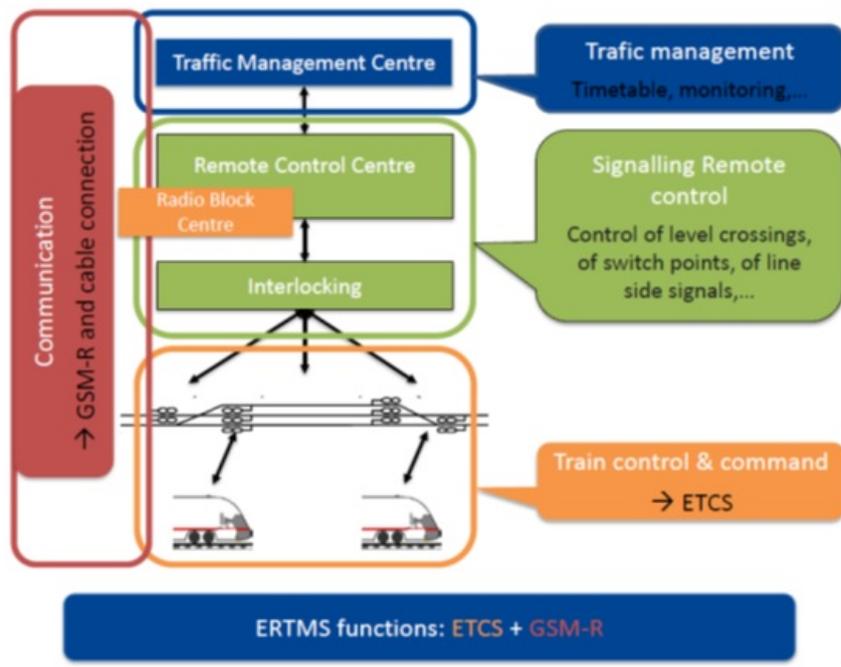


Рис. 5. Функциональная схема ERTMS ETCS (Agency to Railway EU)

У ГОРОДСКАЯ ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНАЯ ДОРОГА

В каждой стране в соответствии с различными условиями реализуются свои программы цифрового рельсового транспорта, полезно, как нам представляется, еще раз обратиться к разделу массовые скоростные транспортные системы в городах этой статьи. Так из этого раздела становится понятно, какая часть рельсового транспорта городов может оказаться в зоне цифровых преобразований. Вместе с тем, мы подобрали конкретный пример развития итальянских железных дорог в этой области для иллюстрации сказанного от инфраструктурной железнодорожной компании RFI. Rete Ferroviaria Italiana (RFI) - итальянская компания, дочерняя компания Ferrovie dello Stato (FS). RFI является владельцем железнодорожной сети Италии, она предоставляет услуги сигнализации, обслуживания и других услуг для железнодорожной сети. Он также управляет паромными линиями между Итальянским

полуостровом и Сицилией. RFI была основана 1 июля 2001 года в соответствии с европейской директивой по железнодорожному транспорту, что обеспечило разделение между владельцем и пользователями сети.

На рисунке 6 мы приводим рисунок текущих проектов RFI цифрового рельсового транспорта (ERTMS) со сроками реализации. Это: ВСМ, городские железные дороги высокой плотности, грузо-пассажирские коридоры ЕС (TEN-T) и линии малой плотности. Если говорить только о городской цифровой железной дороге, то она имеет два пусковых города в Италии в 2018 году. Это города Рим и Милан, которые являются двумя основными центрами экономической активности страны. Но это далеко не вся итальянская цифровая железнодорожная программа. На рисунке 7 приведено расширенное количество железнодорожных узлов (городские цифровые железные дороги) и связи между ними, а на рисунке 8, для полноты картины, мы приводим карту магистральных цифровых железных дорог Европы (ВСМ и TEN-T) и их скоростные режимы.

ERTMS Applications in Italy - RFI's Portfolio



Рис. 6. ERTMS и цифровые железные дороги Италии – реализуемые проекты (источник RFI 2017 год)

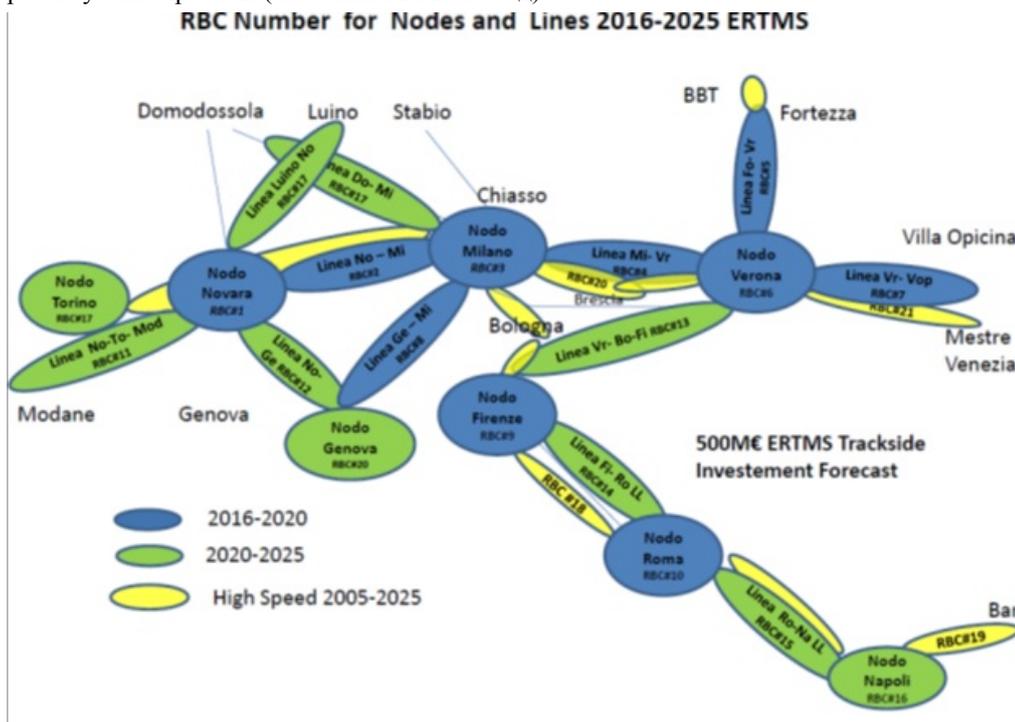


Рис. 7. Количество железнодорожных узлов (городские цифровые железные дороги) и связи между ними (источник RFI 2016 год).

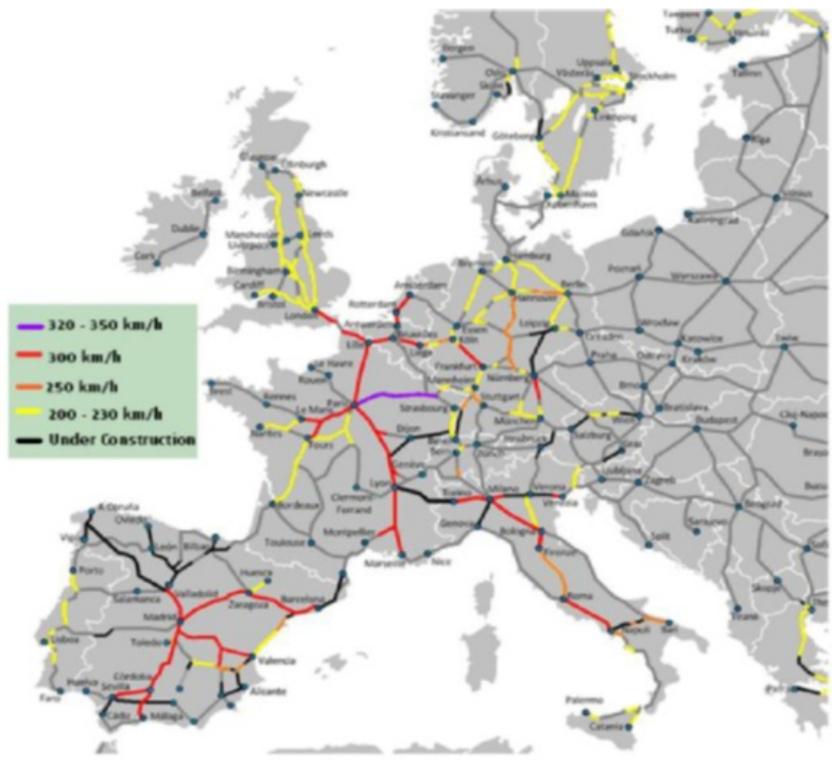


Рис. 8. Карта магистральных цифровых железных дорог Европы (BCM и TEN-T) и их скоростные режимы [11]

Между тем - все ли так легко на практике? Города - это живой и сложный организм, в которых маневр строителей (и даже цифровых) должен быть согласован с общей стратегией. Мгновенные преобразования в железнодорожных и рельсовых системах также невозможны. Приведем некоторые цитаты из диссертации [52] о том, как этот вопрос в преломлении к ETCS / ERTMS рассматривался для железнодорожной сети Стокгольма:

“Диссертация посвящена исследованию железнодорожных операций с наиболее развитой европейской системой контроля и сигнализации, путем анализа конкретного тематического исследования. Начиная с описания уровня техники, второй и третий уровни ETCS / ERTMS и спутниковая система Galileo применяются для исследования в качестве основы для реализации полу-непрерывного отслеживания. Сначала исследование направлено на оценку того, что может быть достигнуто на теоретическом уровне, увеличения пропускной способности на линиях, обеспечиваемых непрерывным отслеживанием поездов, применяется к функции ядра межпоездного интервала.

Диссертация посвящена тематическому исследованию, южной части центральной станции Стокгольм. В этом месте десять путей предназначены для сквозного движения и поездов от Центрального вокзала Стокгольма до Юга, которые должны пройти по мосту, через линию железной дороги, которая состоит из двойного пути, соединяющего Центральный вокзал Стокгольма со станцией на юге, где начинается четыре пути. Это случай узкого места и высокого проходящего там дневного трафика и это критическая точка (рис. 8а).

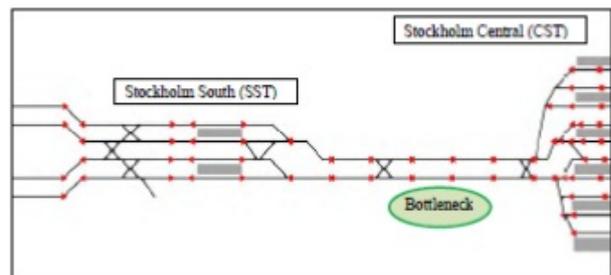


Рис. 8а. Схема участка линии с узким местом

В частности, район от центральной станции Стокгольма до Флеминсберга станет областью интереса для этого тезиса (рис. 8б). Длина линии составляет около 16 км, включая промежуточные вокзалы: Стокгольмская Сёдра, Эрстаберг, Эльвсбё, Стувста и Хаддингге.

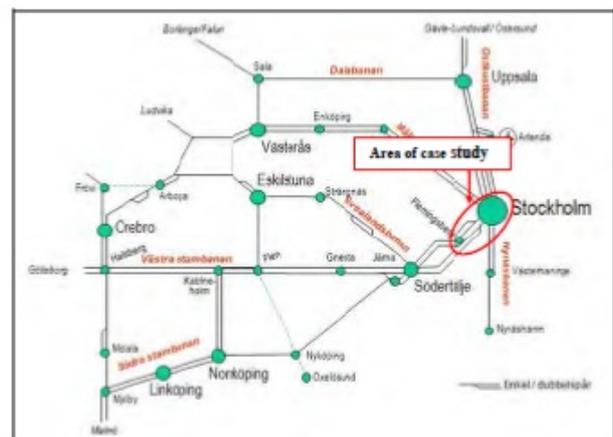


Рис. 8б. Область тематического исследования [15]

Поэтому целью этой работы является оценка пропускной способности и качества железной дороги в

пределах вышеупомянутой области в случае различных систем сигнализации”.

VI СТАНДАРТИЗАЦИИ И НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

Есть два очень тесно связанных вопроса в развитии цифровых железных дорог - это стандартизация лучших практик и развитие научно-практических исследований для развития лучших практик и инноваций. Инновации, как обычно, имеют особую ценность, когда они могут приносить либо экономические улучшения, либо дополнительные источники доходов. В этом отношении представляется крайне полезным изучить опыт Великобритании, где уже создана компания под названием цифровая железная дорога (Digital railway сайт - <http://digitalrailway.co.uk/>), которая, несомненно, имеет значительные успехи [6-11, 16-19], а с другой стороны, найдено удачное сочетание стандартизации решений цифровой железной дороги [54], экономики [53]. Также уже выпущены стандарты, например, для развития интернета на цифровых железных дорогах [7].

Необходимо сказать, что теме стандартизации ERTMS непосредственно для условий Великобритании уделяется огромное внимание RSSB [54], как коллегиального органа рассмотрения и принятия железнодорожных стандартов страны. Выпущена в 2017 году уже 3 версия плана развития стандартов систем контроля, управления и коммуникаций или CCC [27], и это только уточнение плана выпуска стандартов на 2017 и 2018 годы, которое содержит более сотни позиций только в этой сфере. Часть стандартов уже выпущена и введена в действие. Укажем только на некоторые ключевые моменты [48-51]. Появились уже первые стандарты непосредственно на цифровую железную дорогу, как на комплексное решение [41-44]. Кроме того, RSSB выпускает конкретные руководства, например, для машинистов, работников станций и путевых рабочих и т.п. На рисунке 9 мы приводим взаимосвязь создания стандартов и руководств систем контроля, управления и коммуникаций или CCC.

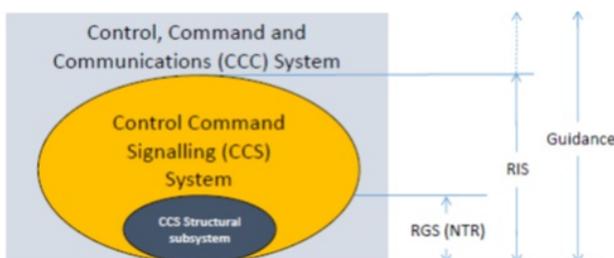


Рис. 9. Взаимосвязь создания стандартов и руководств систем контроля, управления и коммуникаций или CCC [27]

Исследования по увеличению емкости и применению ERTMS учеными Великобритании начались уже давно, например, [42] относится к 2012 году, а [46] - к 2016 году. Но RSSB сегодня является также заказчиком исследований в широком спектре инноваций на цифровой железной дороге, так в [30] показаны последние исследования по системам DMI и

ERTMS. Для городской железной дороги чрезвычайно важно практически по месту рассчитать размещение цифровой сигнализации и выбрать наилучший вариант. В этом случае обычные текущие инструменты BIM, о которых мы говорили выше, непригодны, и требуются связанные с ним специализированные решения. В проекте SafeCap+ [28], сделанном по заказу RSSB, разработан ряд инструментов, которые помогают инженерам по цифровой сигнализации, официально проверить безопасность и расчеты пропускной способности железнодорожного узла для различных сценариев трафика. Инструменты консультируют по согласованности, правильности, целостности и потенциальной безопасности. SafeCap+ анализирует много данных и выявляет потенциальные проблемы. Затем их можно исследовать подробно экспертами либо исправить или одобрить. Инструменты еще не полностью автоматические, но обеспечивают поддержку, которая позволяет проводить тестирование намного быстрее и надежнее в проверке согласованности данных. Это снижает длительность этих работ с месяцев до минут. Области развития систем контроля, управления и коммуникаций или CCC в проекте SafeCap+ показаны на рисунке 10.



Рис. 10. Области развития систем контроля, управления и коммуникаций или CCC в проекте SafeCap+ [28]

Другой проект RSSB разработки и оценки системы управления динамической оптимизации для поездов (DEDOTS) [29] является одной из частей исследования рельсового транспорта и индустрии Великобритании программы FuTRO (регулирование и оптимизация будущего трафика). DEDOTS основывается на разработках оптимизации трафика предлагаемых системы сделанных в университетском колледже Лондона (UCL) и соответствующих проектах и финансировании RSSB, научно-исследовательского совета по инженерным и физическим направлениям и министерства транспорта. В проекте также участвует Бирмингемский университет. По сути, это интеграционный проект и его результаты и идеи показаны на рисунках 11,12,13.

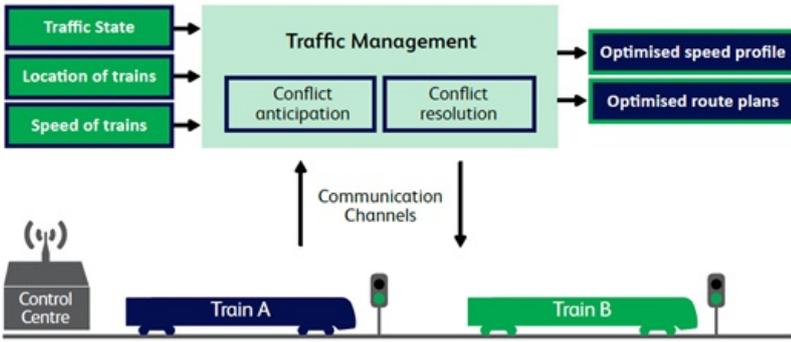


Рис. 11. Области развития разработки и оценки системы управления динамической оптимизации систем управления движением поездов в проекте DEDOTS (часть программы FuTRO) [29]

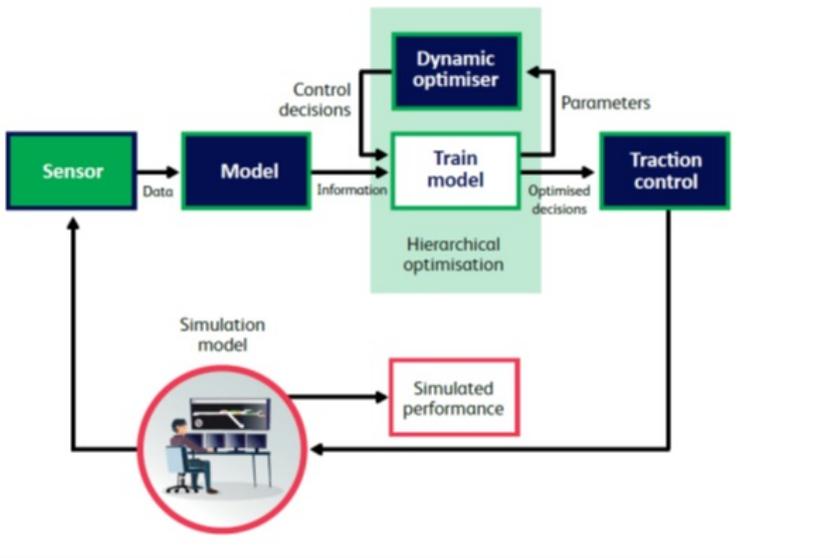


Рис. 12. Взаимодействие моделей системы управления движением поездов в проекте DEDOTS (часть программы FuTRO) [29]

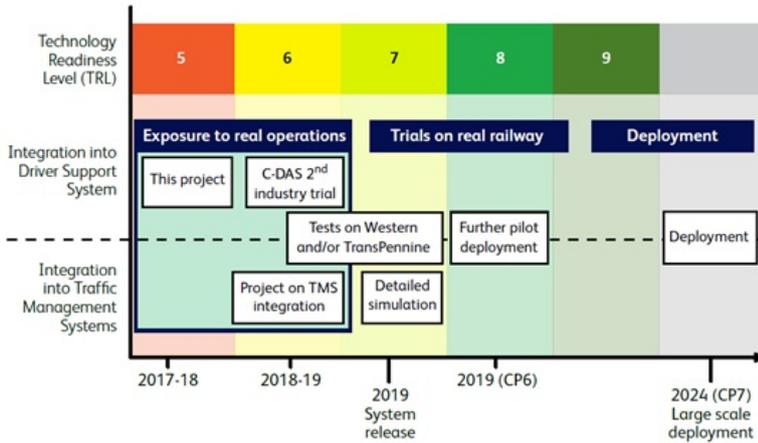


Рис. 13. Сроки развертывания системы управления динамической оптимизации систем управления движением поездов в проекте DEDOTS (часть программы FuTRO) [29]

времени и изменения в распределении каждого прибытия и выезда на станциях /контролируемых точках исследовалась в проекте RSSB [37], рисунок 14. В нем даже содержатся рекомендации по возможной архитектуре таких решений (рис. 15).

Для городских условий оптимизация стратегий управления прибытием поездов в условиях реального

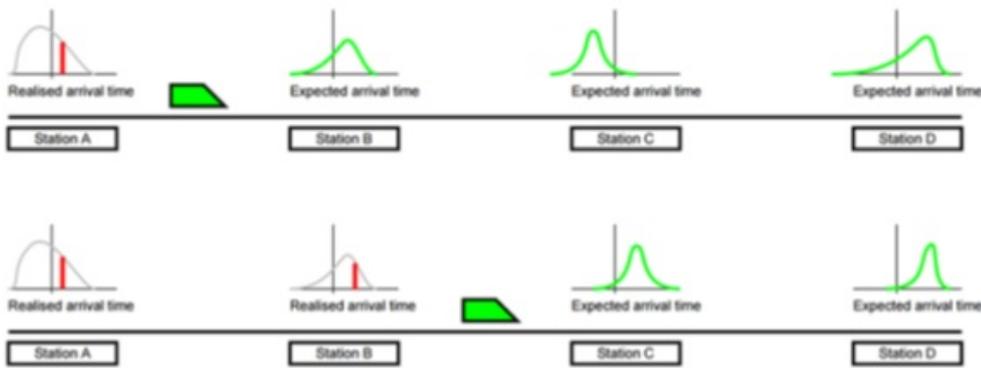


Рис. 14. Оптимизация стратегий управления прибытием поездов в условиях реального времени и изменения в распределении каждого прибытия и выезда на станциях /контролируемых точках [37].

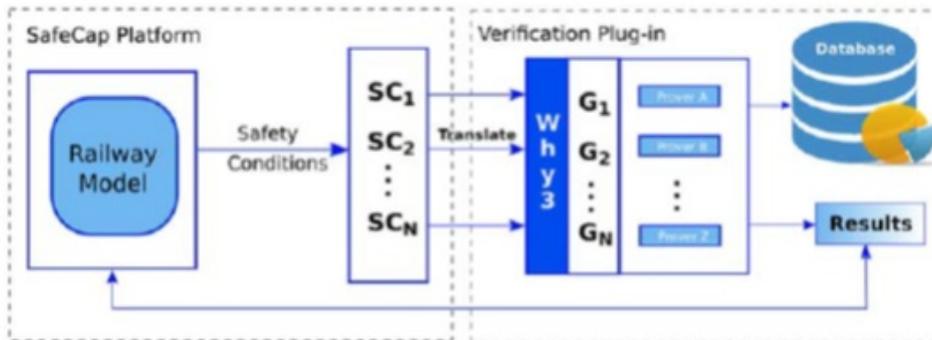


Рис. 15. Визуальная концепция плагина проверки [38]

Может быть, нашему читателю показался этот раздел скучным. Но инновации по проектированию и перестройке железнодорожных путей в районах вокзалов крайне важны. Обратим внимание на то, что время в пути на обычной электричке от станции Мытищи до Ярославского вокзала. - 29 минут (8 остановок), время на экспрессе - 18 минут (1 остановка). Но самое интересное - треть времени из 18 минут тратится на подъезд и прибытие электропоезда к Ярославскому вокзалу - ограничения, огромное количество стрелок. Другая модификация станции, исследования и анализ мировой практикой, отечественные разработки - и может быть другое общее время в пути. И если каждый пассажир экономит 6 минут в день только на этом маршруте, то это не только скажется на личном времени, но и на емкости железной дороги и снижении стоимости проезда.

VII ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ КАК БАЗЫ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ УМНЫХ ГОРОДОВ

Для того, чтобы показать к каким экономическим и социальным последствиям развития цифровой железной дороги как базы мультимодальной транспортной системы умных городов может привести, мы решили привести несколько рисунков от тех, кто уже прошел несколько дальше в практическом плане. Для этого мы взяли материалы недавней конференции и рисунки руководителя инновации в департаменте транспорта для большого Манчестера и конференции по большим данным и рискам их применения на транспорте.

С целью удобства восприятия приводим их со следующими комментариями: рисунки 16,17,18 отражают уже совсем близкое расчетное будущее, рисунки 19 и 20 - очень недалекое.

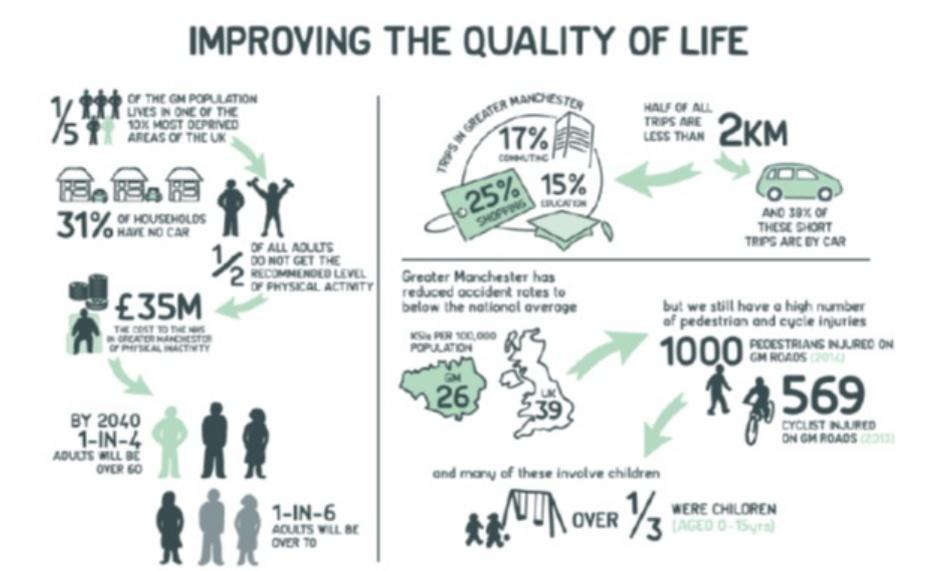


Рис. 16. Улучшение качества жизни. (источник - The CONFERENCE 2017. Rafael Cuesta Head of Innovation Role of Public Transport in the Future. ERTRAC ANNUAL Transport for Greater Manchester)

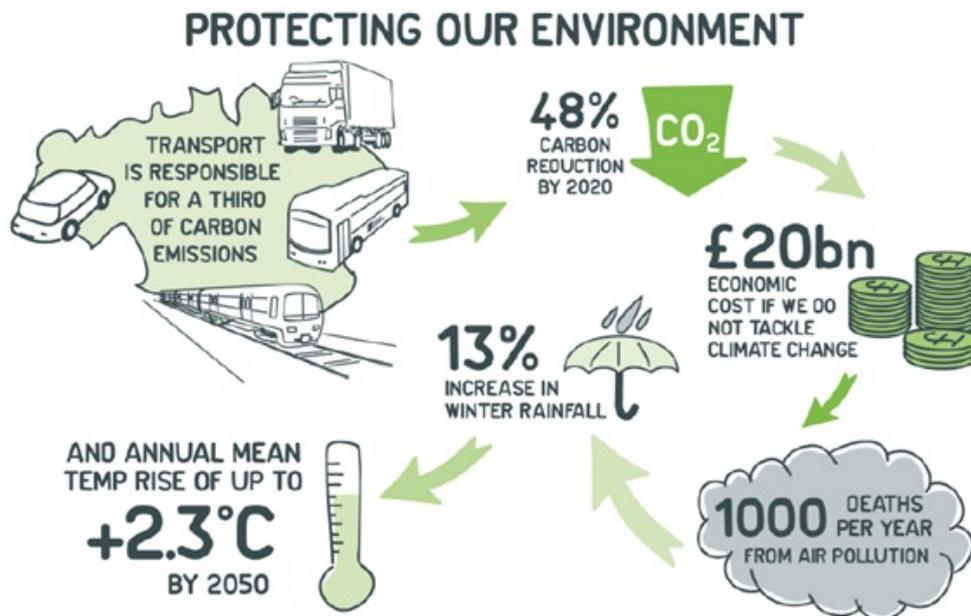
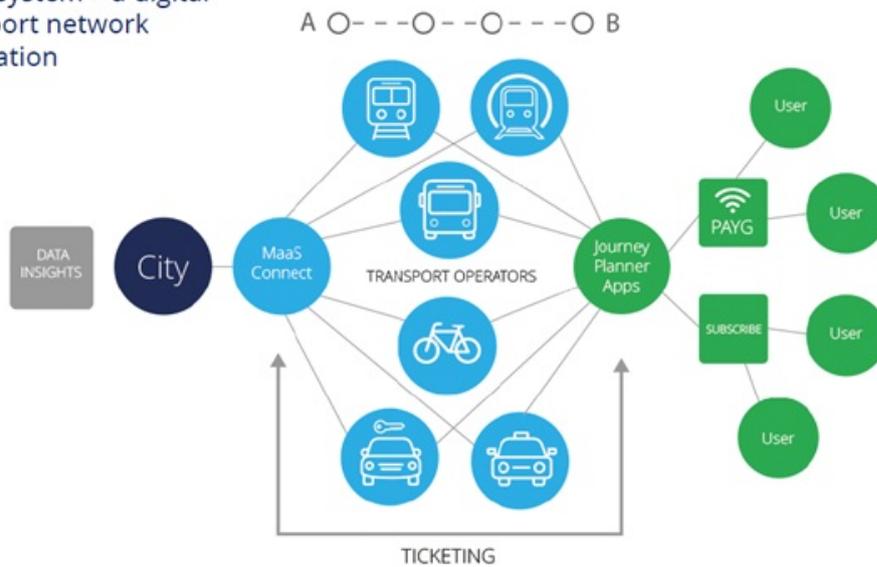


Рис. 17. Выгоды для экологии и окружающей среды. ERTRAC ANNUAL CONFERENCE 2017. Rafael Cuesta Head of Innovation Transport for Greater Manchester)

Maas system – a digital transport network integration



Source: Atkins Global

Рис. 18. Услуга как сервис или MaaS – цифровая интеграция транспортных сетей приносящая доходы уже сегодня. (источник - The Role of Public Transport in

the Future. ERTRAC ANNUAL CONFERENCE 2017. Rafael Cuesta Head of Innovation Transport for Greater Manchester)

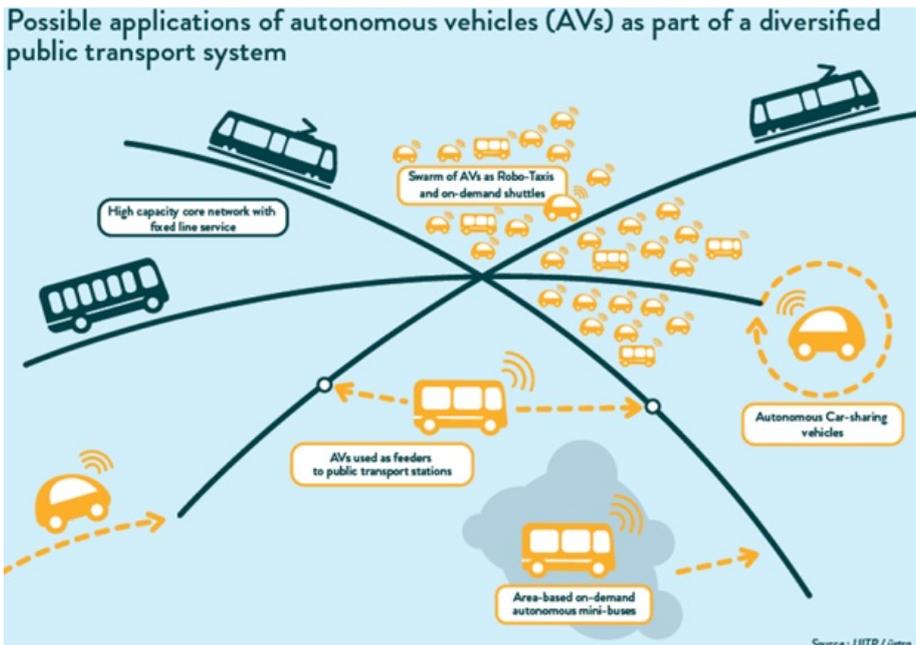


Рис. 19. Возможные применения автономны движущихся средств (AV), как части распределенной общественной транспортной системы (источник - The

Role of Public Transport in the Future ERTRAC ANNUAL CONFERENCE 2017. Rafael Cuesta Head of Innovation Transport for Greater Manchester)

Automated KPI from mixed data

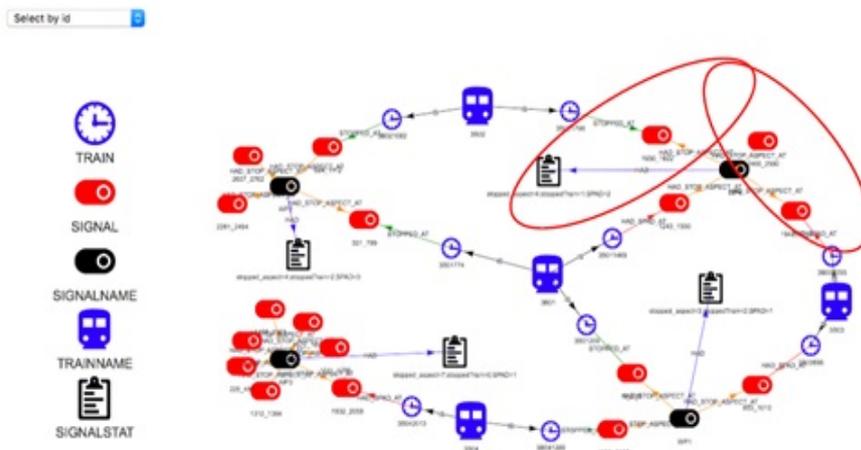


Рис. 20. Автоматическое вычисление KPI общественного транспорта из смешанных данных методами больших данных и науки о данных (Источник - Big Data Risk Analysis Symposium June 14th, 2017 The Studio Birmingham)

VIII ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решив написать эту статью, мы стремились показать то, что уже делается в Европе, как пример того, что может быть предпринято в России. Как мы думаем, у российских транспортников и ученых есть все возможности создавать свои национальные решения с учетом лучших мировых практик. Так, ВСМ в России уже успешно функционируют на скоростях 200 км/час (Хельсинки - Санкт-Петербург - Москва - Нижний Новгород). Начато строительство нового поколения ВСМ Москва - Владимир (предполагаемая скорость больше 350 км/час). Очень успешным оказался проект ЦЖД в Москве, и он может быть рассмотрен как первая часть городской цифровой железной дороги. Вообще говоря, Москва - это признанный лидер в области транспортных инноваций среди умных городов мира. Город уже сегодня очень комплексно рассматривает проблемы транспорта города. Проект цифровой железной дороги активно обсуждается в ОАО РЖД, и он, безусловно, должен учитывать транспортные достижения в ВСМ и проблемы российских городов.

Возможностей для реализации изложенных подходов может быть даже больше чем в Европе. Например, это огромное количество подъездных железнодорожных путей и тупиков в городах, которые совсем по-другому могут быть использованы в развитии городов - многое нам строить не надо, надо научиться использовать то, что есть у нас, и нет в Европе.

На наш взгляд не хватает понимания, что является важным сегодня и что будет важным завтра и четких постановок задач и управления их реализаций. Но нас всех на это нацеливают решения [1,2,3], и мы

попробовали предложить для обсуждения свои мысли как это лучше сделать в России.

Когда авторы уже получили положительное заключение редакции на публикацию этой статьи, Президент России принял по представлению руководителей ОАО РЖД и г. Москвы решение о начале реконструкции московского железнодорожного узла для увеличения возможностей городской железной дороги по перевозке пассажиров. Авторы и редакция INJOIT надеются, что соображения, изложенные в настоящей статье, помогут начать конструктивное обсуждение по оптимальному выполнению этого современного железнодорожного проекта с использованием инноваций и решений цифровой железной дороги.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Указ Президента Российской Федерации «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» от 1 декабря 2016 года № 642
- [2] Указ Президента Российской Федерации «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации» от 9 мая 2017 года № 2013
- [3] Указ Президента Российской Федерации «О стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» от 13 мая 2017 года № 208
- [4] Куприяновский В. П. и др. Интеллектуальная мобильность и мобильность как услуга в Умных Городах //International Journal of Open Information Technologies. - 2017. - Т. 5. - №. 11.
- [5] Куприяновский В. П. и др. Умная инфраструктура, физические и информационные активы, Smart Cities, BIM, GIS и IoT //International Journal of Open Information Technologies. - 2017. - Т. 5. - №. 10.
- [6] Kupriyanovsky V. P. et al. Economics of innovations for digital railways. Experience in the UK //International Journal of Open Information Technologies. - 2017. - Т. 5. - №. 3. - С. 79-99.
- [7] Kupriyanovsky V. et al. On Internet of Digital Railway //International Journal of Open Information Technologies. - 2016. - Т. 4. - №. 12. - С. 53-68.
- [8] Kupriyanovsky V. et al. The new paradigm of the digital railway-assets life cycle standardization //International Journal of Open Information Technologies. - 2017. - Т. 5. - №. 2. - С. 64-84.
- [9] Куприяновский В. П. и др. Правительство, промышленность, логистика, инновации и интеллектуальная мобильность в

- цифровой экономике //Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13. – №. 1. – С. 74-96.
- [10] Zamolodchikov D. et al. Comfortable environment and resources for passenger stations in the lifecycle of digital railways assets //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 3. – С. 100-116.
- [11] Kupriyanovsky V. et al. Bandwidth and economy of the digital railway in the transformation of signaling and train control //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 3. – С. 117-132.
- [12] Куприяновский В. П. и др. Соображения по проблемам создания цифровой железной дороги для нового шелкового пути трансконтинентального логистического партнерства в целях экономического развития стран входящих в ЕАЭС и России //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 9
- [13] Соколов И. А. и др. Прорывные инновационные технологии для инфраструктуры. Евразийская цифровая железная дорога как основа логистического коридора нового Шелкового пути //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 9.
- [14] Куприяновский В. П. и др. Цифровые цепи поставок и технологии на базе блокчейн в совместной экономике //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 8.
- [15] Куприяновский В. П. и др. Мобильное производство на базе совместной экономики, цифровых технологий и логистики //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 8.
- [16] Kupriyanovsky V. et al. Web of Things and Internet of Things in the Digital Economy //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 5. – С. 38-45.
- [17] Kupriyanovsky V. et al. The digital transformation of the economy, the railways, and smart cities. Plans and experience in the UK //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 10. – С. 22-31.
- [18] Kupriyanovsky V. et al. Digital Railroad-an integrated information model as the basis of the digital transformation //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 10. – С. 32-42.
- [19] Sinyagov S. et al. Digital Railroad-create digital assets. Based on materials from Network Rail (UK) project asset management system modernization //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 10. – С. 43-54.
- [20] Kupriyanovsky V. et al. A holistic model of transformation in the digital economy-how to become digital leaders //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 1. – С. 26-33.
- [21] Шнепп-Шнеппе М. А. и др. Цифровая железная дорога и переход от сети GSM-R к LTE-R и 5G-R-состоится ли он? //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 1.- С.71-80.
- [22] Kupriyanovsky V. et al. The new five-year plan for BIM-infrastructure and Smart Cities //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 8. – С. 20-35.
- [23] Sinyagov S. et al. Building and Engineering Based on BIM Standards as the Basis for Transforming Infrastructures in the Digital Economy //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 5. – С. 46-79.
- [24] Куприяновский В. П. и др. Цифровая совместная экономика: технологии, платформы и библиотеки в промышленности, строительстве, транспорте и логистике //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 6.
- [25] Куприяновский В. П. и др. ГИГАБИТНОЕ ОБЩЕСТВО И ИННОВАЦИИ В ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ //Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017. – Т. 13. – №. 1. – С. 105-131.
- [26] DIANNE В MARSH Doctoral Thesis BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) AND THE UK QUANTITY SURVEYING ORGANISATION: A FRAMEWORK FOR VALUE CREATION. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of Liverpool John Moores University for the degree of Doctor of Philosophy. February 2017
- [27] Control Command and Signalling Standards Committee Strategic Plan for Control Period 5, 2014 – 2019 Issue Three 2017 – 2018.
- Approved by the Control Command and Signalling Standards Committee. RSSB 16 February 2017
- [28] FuTRO: SafeCap+ Reducing design and testing time of signalling schemes from months to minutes. © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD.May 2017
- [29] FuTRO: DEDOTS Developing and Evaluating Dynamic Optimisation for Train Control Systems Simulator Optimiser Data on state Controls . © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD June 2017
- [30] Coexistent operation of ERTMS and Class B (AWS and TPWS) systems: The development and user testing of an integrated DMI. © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD. 2017
- [31] Developing and Evaluating Dynamic Optimisation for Train Control Systems: DEDOTS .Work Activity 5: Evaluation results and guidance notes for future procurement of train control systems. © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD. 2017
- [32] Research Project Catalogue <https://www.rssb.co.uk/research-development-and-innovation/research-and-development/research-project-catalogue> Retrieved: Nov, 2017
- [33] FuTRO: Increase Fundamental Knowledge for Optimising Traffic Management SafeCap+: D4.2 Integrated modelling of capacity, energy and performance at the whole system level . © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD. 2016
- [34] SafeCap+ D3.2 Tool support for modelling energy impact on performance. © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD. 2016
- [35] FuTRO: DITTO Towards an Artificial Intelligence Support Tool. © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD. 2017
- [36] FuTRO: Integrated Tools to Optimise Railway Systems (DITTO). Good Practice Guide. © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD. 2017
- [37] SafeCap+ D2.2 Integrated Tools for Defining Real-time Optimum Strategies © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD. 2016
- [38] SafeCap+ D1.2 Tools and framework for multiple mixed traffic operation scenarios © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD. 2016
- [39] DITTO Interim Report and Prototype © RAIL SAFETY AND STANDARDS BOARD LTD. 2016
- [40] Digital Railway Technologies Project Review of Early Contractor Involvement Work Stream 1 Report, version 2.0, DRT/TM/REQ/0001
- [41] Digital Railway Technologies Project Report on Lessons Learnt from TM Deployment Projects, version 2.0, DRT/TM/REQ/0002
- [42] Requirements Exported from ETCS to the Control Layer – Report on Status Within TM Requirements Suite, 1st February 2017
- [43] Digital Railway Programme – Stock and Crew Digital Railway Ready Specification, version 0.3, 000000-NWR-SPE-MPM-000001 2017
- [44] Digital Railway Technologies Project Interim Digital Traffic Management Requirement Specification Reference: DRT/TM/REQ/0003 Issue/ver: 1.7 Date: 31st March 2017
- [45] Khadem Sameni, Melody. Railway Track Capacity: Measuring and Managing Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. UNIVERSITY OF SOUTHAMPTON FACULTY OF ENGINEERING AND THE ENVIRONMENT Transportation Research Group.October 2012
- [46] Peri Smith M.Sc., B.Eng.,DIC Safety Case for the Introduction of New Technology into an Existing Railway System. 20th September 2016 Imperial College London. Department of Civil and Environmental Engineering Centre for Transport Studies. Thesis
- [47] Guideline .Building Information Modelling (BIM) for Transport and Main Roads A guide to enabling BIM on Road Infrastructure Projects May 2017. State of Queensland (Department of Transport and Main Roads) 2017
- [48] Rail Industry Standard RIS-0708-CCS .Issue: One .Date: September 2017 ERTMS/ETCS National Values
- [49] Railway Group Standard GERT8402 Issue Two Date June 2016 ERTMS/ETCS DMI National Requirements
- [50] Rail Industry Standard RIS-0743-CCS .Issue: One Date: March 2017 ERTMS Key Management
- [51] Rail Industry Standard RIS-0794-CCS .Issue: Two Date: March 2017 GSM-R Train Voice Radio Systems

- [52] Evaluation of ETCS on railway capacity in congested areas. A case study within the network of Stockholm. Master Thesis STOCKHOLM, October 2010 . Monica Magnarini .Division of Transportation and Logistics KTH Railway Group
- [53] Kupriyanovsky V. et al. Economy standards in the digital age and information and communication technologies on the example of the British Standards Institute //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – T. 4. – №. 6. – C. 1-9
- [54] Nikolaev D. et al. Digital Railroad - an innovative standards and their role on the example of the UK //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – T. 4. – №. 10. – C. 55-61

On opportunities for the development of the digital railway as a base for a multimodal transport system of smart cities in the digital economy

Igor Sokolov, Alexander Misharin, Vasily Kupriyanovsky, Oleg Pokusaev

Abstract — Rail transport in the world, as the most energy efficient, economical and environmentally friendly mode of transport is in the focus of attention of almost all countries. For smart cities that are losing a lot of money from traffic jams, the development of urban railways is also becoming one of the priorities. Digital systems in railway transport, for example, known today as "digital railways", have dramatically changed the opportunities and approaches to the planning and use of transport. They allow to reduce prices for transportation of people and goods by 50% and increase the capacity of this type of transport by 50%. The article is devoted to the development of the digital railway infrastructure in the city, how it is done in Europe and the world, and also how it can be done in Russia.

Keywords — Smart City, mobility, digital railway, digital economy.