

Цифровая железная дорога – целостная информационная модель, как основа цифровой трансформации

В.П. Куприяновский, Г.В. Суконников, Д.И. Ярцев, В.В. Кононов, С.А. Синягов, Д.Е. Намиот, А.П. Добрынин

Аннотация—Настоящая статья посвящена теме построения цифровой железной дороги. В работе идет речь о цифровой трансформации, которая базируется на специфицировании инфраструктуры железных дорог. В этой статье мы рассматриваем модели данных для цифровой железной дороги, вопросы трансформации и модели главного пути, составление планов цифровой трансформации, геотехническое моделирование, описание мостов и других искусственных сооружений. На примере опыта Великобритании описано влияние изменения климата на работу железных дорог. В заключении статьи приводятся все составляющие цифровой модели железной дороги.

Ключевые слова—цифровая экономика, цифровая железная дорога, GIS.

I. ВВЕДЕНИЕ

В статье [1] мы намеревались продолжить изложение темы цифровой трансформации железных дорог. Собственно, сама возможность такой трансформации базируется на знаниях о том, из чего собственно физически состоит железная дорога, и эти знания должны быть пригодными для практического цифрового применения в трансформации.

Мы уже не раз обращали внимание на то, что именно цифровой образ реального мира позволяет получать те экономические преимущества и другие выгоды, которые в итоге и сформировали понятие цифровой экономики в ее практическом смысле – реализации проектов с заданными расчетными экономическими эффектами, в нужные сроки и на основании хорошо просчитанного бюджета. Основой этих практически математических расчетов служит правильно собранная для этого и структурированная информация. Сегодня практически каждый новый стандарт для инфраструктур

сопровождается явным или неявным указанием на необходимость применения моделей, как на структуру данных, так и на бизнес-процессы [2,3]. Которые, в смысле информации, представляют собой формализованное описание структуры хранения данных и различные семантические и онтологические связи между ними. Практика создания такого рода документов имеет уже давнюю историю и, в ряде случаев, (Европейское сообщество) она уже регулируется на уровне общего законодательства, обязательного для исполнения. Причина этого в огромной ценности информации в жизненном цикле инфраструктур. Соответственно, если не обеспечить ее передачу от проектирования к строительству, от строительства к эксплуатации и т.д., то возникают огромные и разноплановые потери, как финансовых выгод, так и в уровне безопасности инфраструктур. Авторы не ставили себе целью углубляться в тематику микроэкономических расчетов или работе с контрактами жизненного цикла и поэтому отсылают читателей, интересующихся этой темой к доступным в интернете источникам в виде итоговых книг [4,5].

В статье [1] было сказано, что собственно экономические эффекты при цифровой трансформации железных дорог достигаются переходом на цифровые системы сигнализации и созданием, таким образом, возможностей для более гибкого прохода разноскоростных поездов по железнодорожным путям. Воспользуемся также авторитетным мнением Валентина Гапановича, старшего вице-президента ОАО «РЖД», высказанное им в [6]:

«Фундаментальные исследования, прорывные IT технологии, инновационные идеи – всё в основе глобального проекта, который сегодня разрабатывают РЖД. Рабочее название «Цифровая железная дорога». Срок реализации 2020-2023 гг.

Перед холдингом стоит задача создать электронную площадку для управления всеми процессами компании в области пассажирских и грузовых перевозок, инфраструктуры, подвижного состава. Будет применено имитационное математическое моделирование. Мы впервые в истории российского железнодорожного транспорта перейдем к цифровой модели пути как инструменту не просто для отдельных участков, но и для сети в целом. В ближайшем будущем железнодорожники забудут, что такое километровые,

Статья получена 21 августа 2016.

Куприяновский В.П., МГУ имени М.В. Ломоносова, (email: vpkupriyanovskiy@gmail.com).

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

Ярцев Д.И., BSI, (email: dmitry.yartsev@bsigroup.com)

Кононов В.В., Неолант (email: kononov@neolant.ru)

Синягов С.А., независимый исследователь (email: ssinyagov@gmail.com).

Намиот Д.Е., МГУ имени М.В. Ломоносова, (email: dnamiot@gmail.com).

Добрынин А.П., МГУ имени М.В. Ломоносова, (email: andrey.p.dobrynin@gmail.com)

пикетные столбики. Всё будет привязываться к цифровой модели, где с точностью до 1 см станет возможным назначать ремонтные работы и много чего ещё будет построено».

Объявленные очень краткие сроки реализации проекта «цифровые железные дороги» предполагают наличие возможностей их реализации и широкое использование накопленных знаний и инноваций. Но вначале пойдем, почему так важно использовать модели для основного бизнеса железных дорог – перевозки пассажиров и грузов. Дело в том, что для расчетов прохождения маршрутов поездов, организации ремонтов и обслуживания инфраструктуры, необходимо точно знать все расстояния и особенности железнодорожной инфраструктуры, которая размещена на поверхности земли или в туннелях, а земля, как известно, не круглая, а имеет специфическую эллипсоидную форму. Существует отдельные модели (геодезические), как считать точные абсолютные и относительные координаты или расстояния между точками на земле. Вместе с тем человечеством накоплен огромный опыт построения именно моделей железных дорог, который можно и нужно использовать – ведь как ни странно все железные дороги мира состоят из одних и тех же железнодорожных элементов: путей, разъездов, мостов, тоннелей, объектов энергетической инфраструктуры, вокзалов, депо, станций, пересадочных узлов и т.п.

II. МОДЕЛИ ДАННЫХ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Какие модели и форматы нужны для цифровой трансформации железной дороги?

Вначале необходимо сказать, что в зависимости от необходимого применения в мировой практике имеется очень много типов моделей данных и соответствующих форматов данных для них, в общей сложности их около 400. Наиболее употребимые из них - это классы GIS, CAD, BIM. Их назначение различно и зачастую один и тот же объект инфраструктуры может быть представлен одновременно во всех трех форматах.

Геоинформационные системы или GIS были созданы первоначально для картографии и имели всего два измерения (2D системы). Сегодня к двум измерениям добавилось третье, четвертое и пятое. Если три измерения интуитивно понятная вещь – ширина, длина и высота и представляют собой отражение реального физического мира, то четвертое измерение стало отображать время, а пятое - деньги, которые относятся, фактически, к искусственно введенным понятиям экономики. Вообще говоря, количество измерений в дисциплине моделей данных может быть произвольно любым. На самом деле, все эти свойства приписываются, собственно, точке в физическом трехмерном пространстве и из этих точек и формируются потом уже образы элементов инфраструктур. Общая природа данных в форматах, конечно, упрощает обмен между различными представлениями, но заказчик все равно должен

определить, что ему нужно и на каком этапе.

Для того, чтобы определить какие практические варианты есть при построении моделей для железнодорожного транспорта, приведем некоторые общие соображения по моделированию. Моделирование данных обычно проходит через три фазы с нарастанием конкретики, начиная с концептуального моделирования. Эта фаза сфокусирована на идентификации сущностей, о которых вам будут нужны данные и отношений между этими сущностями, включая и такие, для которых также потребуются описательные данные. Концептуальное моделирование рассматривает задачу, которую должны поддерживать данные, и определяет элементы базы данных. При разработке базы данных вам потребуются однозначные определения элементов, которые появятся в модели. Этот набор определений называется онтологией.

Виды транспорта могут быть очень разными, но все они имеют общую концептуальную схему из пунктов отправления и назначения, пути между ними и транспортного средства, движущегося по этому пути. Перевозка, как услуга и перечисленные сущности, как объекты образуют предметную область для транспортных информационных систем. Мы в значительной мере опираемся в рассуждениях на GIS подходы, как на наиболее общие и употребимые на практике в мире и чрезвычайно полезные для сбора, хранения и обработки необходимого в этом случае гигантского объема данных. Кроме того, именно класс GIS обеспечивает взаимодействие с цифровой окружающей средой и, например, кадастровыми и иными информационными системами. Реально и другое, что практически все работающие на железной дороге, будут все больше и больше работать с GIS приложениями, как для навигации вне зданий, так и внутри их. Мы бы рекомендовали читателю две книги по этому направлению, которыми авторы также пользовались при написании настоящей статьи [7,8] (к тому же, они доступны и в переводе на русский язык).

Но даже в GIS, как мы уже говорили, существует значительное число форматов данных. Приведем в качестве примера, как возникают такие форматы и стандарты на них, исходя из практических нужд. Европейский проект поддержки применений интеллектуальных транспортных систем (ИТС), особенно в направлении разработки персональных навигационных устройств, привел к возникновению стандарта обмена данными в формате Географического файла данных (GDF). Предметная область этой спецификации со временем вышла за рамки модели пространственных данных и обменного формата и стала включать описание методов сбора данных и определение отношений между объектами. Вдобавок к дорожным объектам, стандарт описывает информацию о пунктах отправления и назначения, то есть, по сути, решает транспортные задачи. GDF утвержден в качестве международного стандарта ISO 14825, находящегося в ведении Технического комитета 204 Международной организации по стандартизации (ISO).

При всей общности транспортных моделей

существуют и значительные различия, вытекающие из их специфики. Железные дороги были когда-то единственным способом быстрого и надежного передвижения на большие расстояния. И сейчас они остаются дешевым, экологичным и наименее энергоемким способом перевозки крупных грузов, а также пассажиров [1] и, вероятно, наиболее сложным видом транспорта для моделирования в базе данных. Железные дороги включают все требования автодорог и общественного транспорта, плюс дополнительные факторы, обусловленные тем, что операторы железных дорог одновременно и предоставляют, и используют транспортные объекты. Водитель автомобиля вполне обоснованно может надеяться на то, что сможет проехать везде, где есть автодорога. С железными дорогами – иначе. Тут нужно находить баланс между весом составов, мощностью локомотивов, наличием персонала и требованиями перевозки. Так как переход на цифровую железную дорогу – это переход на цифровую сигнализацию, которая размещена на железнодорожных путях, то далее мы подробно рассмотрим именно эту составляющую.

III. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И МОДЕЛИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ.

Основным для передвижения на железной дороге является путь. Выделяются три вида путей, в зависимости от их назначения и устройства. Главный путь используется для передвижения поездов на большие расстояния. Боковые пути идут параллельно главному и соединяются с ним на обоих концах. Их устраивают для того, чтобы скоростные поезда могли обгонять менее приоритетные и для разъезда встречных поездов на однопутных железнодорожных дорогах.

Помимо функциональной классификации, пути также подразделяются на классы в соответствии с максимальной допустимой скоростью движения поездов по ним. Поскольку пассажирские вагоны более легкие и имеют несколько иную конструкцию, для них предел скорости в том же классе немного выше, чем для товарных вагонов. Не вдаваясь в подробности, следует отметить, что и основание пути имеет свою специфику устройства, которая так же существенно влияет на рабочие характеристики дороги.

Конфигурации стрелочных переводов могут обеспечивать различные варианты движения между пересекающимися и/или параллельными путями. Встречные двойные стрелки поддерживают переход с одного параллельного пути на другой. В стесненных условиях, два таких перехода могут перекрещиваться подобно ножницам, обеспечивая все возможные варианты перехода с одного пути на другой. Такое часто встречается на железнодорожных вокзалах, где нужно обеспечить подачу поезда к любой платформе с любого пути. На пересечении путей под острым углом также могут размещаться двойные стрелки, обеспечивая как движение прямо по каждому пути, так и перевод с одного пути на другой.

Путевой парк – набор обычно параллельных путей, выполняющих общую функцию. На сортировочных станциях путевой парк используется для формирования составов с общим назначением входящих в них вагонов. Вагоны, имеющие общий пункт назначения, собираются на одном пути парка и затем выходят из него как один состав.

Большие сортировочные станции функционируют подобно узловым аэропортам для авиалиний. Поезда дальнего следования перемещают большие группы грузовых вагонов между этими узлами, где они разбиваются на более мелкие группы для доставки адресатам местными поездами. Входящие составы помещаются на приемный путь, который обычно является боковым путем рядом с главной линией.

Мы достаточно подробно остановились на основной инфраструктуре железной дороги, обеспечивающей перевозочный процесс для того, чтобы можно было понять, что нужно заложить в модели данных для обеспечения трансформации в цифру, и то, как это может происходить и какие из основных типов форматов (GIS, CAD, BIM) могут потребоваться в этой трансформации.

В [1] на базе цифровых трансформаций на железных дорогах в других странах было показано, что основным целевым результатом ее является увеличение пропускной способности существующих железных дорог, а не проведение самой трансформации как таковой. Это означает, что инфраструктура железных дорог, при создании которой закладывались одни технические параметры, будет испытывать большие нагрузки при более интенсивном движении и возможном увеличении грузоподъемности поездов. Значит, при такой трансформации необходимо сделать сначала модель данных существующей основной инфраструктуры, описанной выше, наполнить ее актуальными достоверными данными и провести расчеты необходимых изменений в ней, обчитывая несколько вариантов изменений и выбирая наилучший. В итоге должны появиться строительные проекты изменений, которые надо будет сделать до того, как, собственно, можно будет приступить собственно к самому цифровому преобразованию. Значит, в системе такой трансформации появляется CAD как основное средство проектирования, GIS как формат наиболее употребимый и относительно простой для проектно-исследовательских работ и хранения данных о текущем состоянии основных активов железной дороги и BIM, который позволяет организовать переход от проектирования собственно к строительству и далее к эксплуатации построенного.

IV. КАК СОСТАВЛЯЮТСЯ ПЛАНЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Мы значительно упростили ситуацию, приведя только соображения по составу моделей и данным основной части железной дороги. На самом деле, ее инфраструктура состоит и из огромной электрической

системы, системы автоматизации, систем безопасности (которые чрезвычайно важны!) и много другого. Все эти активы могут иметь специфическое размещение и, в том числе, под землей, что также необходимо учитывать, как определяющую часть цифровой трансформации.

Обычно при подготовке к такому переходу помимо собственно моделей данных появляются дополнительные составляющие в виде метаданных, классификаторов, стандартов и отраслевых норм, правил, технических регламентов и руководств. При этом далеко не все эти необходимые документы могут утвердить сами железнодорожники, и, значит, и сама трансформация может быть реальной только с учетом этих простых соображений, на которых мы остановимся отдельно.

Поскольку рекомендаций по цифровой трансформации железных дорог нет по очень простой причине их исторической уникальности и принятых ранее технических решений (например, по ширине колеи или по иным особенностям, ранее принятых технических решений, а также по особенностям законодательного или технического регулирования специфического практически для каждой страны), мы воспользуемся тем, что такого рода трансформации методически разработаны, например, для городов и воспользуемся методом аналогий, конечно, только там, где это уместно. Впрочем, железные дороги уже составляют важнейшую часть городов, и роль их будет только расти.

Сама по себе цифровая трансформация городов в умные города также преследует сугубо экономические цели и достаточно подробно описывает процесс трансформации принятыми сначала в Великобритании национальными стандартами [9,10,11,12,13], а сегодня принятыми как базовые во многих странах и ISO. Они сегодня так же рассматриваются как наиболее вероятные для локализации в России [14].

Итак, что можно почерпнуть полезного из этого уже имеющего большое применение опыта? Во-первых, минимальное необходимое количество принятых стандартов на «верхнем» уровне – всего 5. Подготовка такого рода занимает не так мало времени, которое и так ограничено, согласно заявлениям руководства РЖД. Во-вторых, структуру. Первый документ в этом списке – словарь терминов [10]. Назначение его очевидно – все участники работ должны однозначно понимать то, о чем они говорят и договариваются. Мы не говорим об уровне принятия документа, но такой документ необходим для цифровой трансформации железной дороги. Второй документ [11] – это формальное описание модели, о которой мы уже говорили выше. Самое примечательное это стандарты [9,11,13] о том, как составлять планы цифровой трансформации и как, собственно, их построить для разных категорий участников этих процессов.

Нам представляется, что многое из того, что уже сделано в этой части в рамках усилий национальной рабочей группы по стандартизации ТК098 (перевод этих и других стандартов, в частности, на большие данные, интернет вещей и др., предоставление их для работы

экспертам, и начавшаяся процедура их локализации в России) может быть использована в разной форме и для цифровой железной дороги России. Кроме этого, крайне важны методологические подходы, изложенные в них.

Мы уже говорили о том, что трансформация в цифровую железную дорогу – это сбор данных о существующем состоянии объектов трансформации и расчет, но этому этапу предшествует очень понятная работа – подготовка общего документа о целях такой трансформации (в упомянутых документах он называется политикой трансформации). Собственно, когда он сделан и утвержден, он становится основным документом, по которому строятся все остальные и можно составлять рабочий план цифровой трансформации. Безусловно, уже в этом плане, который в оригинале называется дорожной картой, определяются и ранжируются по важности те задачи, которые необходимо решать, включая планы по инновациям и пилотированию тех или иных решений. Важно, что план этот не является догмой и может меняться в зависимости от полученных результатов или внешних воздействий. Заметим, что один из стандартов целиком посвящен работе с инвесторами (застройщиками), чего, как нам кажется, так же не избежать при трансформации в цифровую железную дорогу.

V. ИНФОРМАЦИЯ И КЛИЕНТО-ЦЕНТРИЧНОСТЬ – ЭТО КЛЮЧЕВЫЕ ПАРАМЕТРЫ В ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В цифровой экономике роль информации настольно высока, что многие ее называют «нефтью 21 века». Но она, собственно говоря, есть всего лишь мощный инструмент для привлечения основного игрока этого этапа экономики – клиента. Впрочем, эти два параметра очень сильно связаны. Что бы появился клиент, у него должна быть информация о возможностях и условиях работы цифровой железной дороги России. Верно и обратное – железная дорога должна иметь информацию о своих клиентах, их особенностях и запросах. Однако информация нужна еще, в первую очередь, и для самой цифровой трансформации. Однако нужна только такая информация, которая размена в определенной структуре или цифровой модели и в этом то, что было в приведенной выше цитате руководства Российской Железнодорожной Дороги является абсолютно верным.

Вместе с тем правда и то, что такая трансформация невозможна без строительных изменений, а это значит, что необходимо предпринять ускоренное внедрение и CAD – BIM технологий. Особенно важен BIM, который, с одной стороны, оптимизирует сам строительный процесс, а с другой стороны – создает ту самую необходимую информацию для других этапов. При этом не следует забывать, что внедрение собственно ИТ и систем связи, необходимых для цифровой трансформации – это тоже, в значительной мере, инфраструктурный и строительный проект, который может и должен осуществляться одновременно с другими строительными изменениями на железной дороге. BIM, который начал преобразовывать

экономику в Великобритании в цифровую на базе крупнейшего в ту пору в Европе железнодорожного строительного проекта в Лондоне [15,16,17,18], развился как технология и стал одним из основных инструментов инфраструктурных преобразований, в том числе, и на железной дороге [19].

VI. ГЕОТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ МОДЕЛИ

Все как то забывают, что железная дорога стоит на насыпных сооружениях и если смотреть на стоимость активов, то именно они – земляные сооружения и искусственные сооружения и составляют где-то порядка 50 % стоимости активов железных дорог.

Сошлемся на очень полезную работу [24], в которой приводятся оценки только этой части: «Кастро (2005 году) провел исследование, которое анализирует, в общей сложности, 145 дорожно-строительных дорожных проектов в Европе и Африке, в том числе строительство новых дорог, реконструкцию дорог и модернизацию дорог, но исключая гравийные дороги, туннели и мосты. Он обнаружил, что компонента земляных работ составила около 19,58% от денежной стоимости всех видов деятельности в строительных дорожных проектах». При этом стоит заметить, что деятельность, связанная со строительством и обслуживанием линейными проектами, таких как дороги, железные дороги и трубопроводы

принципиально отличаются от иных строительных проектов.

Есть два обстоятельства, обязывающие нас рассмотреть эти объекты в составе модели цифровой железной дороги. Первая - это изменение нагрузок на дорогу из-за возрастающей при реконструкции нагрузки и второе - изменения погоды. Оба этих момента, в совокупности, составляют мощный фактор для проведения инвентаризации этих активов и определения узких мест.

Погода меняется, в то время как эти почти природные активы были сооружены из других предположений, например, о возможном количестве осадков. Значит, нужна система мониторинга их состояния. Такие решения есть – они называются мониторингом малых смещений, и их размещение также должно осуществляться из объективных и связанных данных единой цифровой модели. Другим необходимым решением для рассмотрения являются автоматические погодные станции (на автодорогах это введено около шести лет назад постановлением Правительства России как обязательная часть дорожного хозяйства). Они необходимы для реакции и взаимодействием со множеством систем, через информационный обмен и должны работать в режиме реального времени. С точки зрения распределения необходимых инспекций по таким типам активов смотри рис .1.

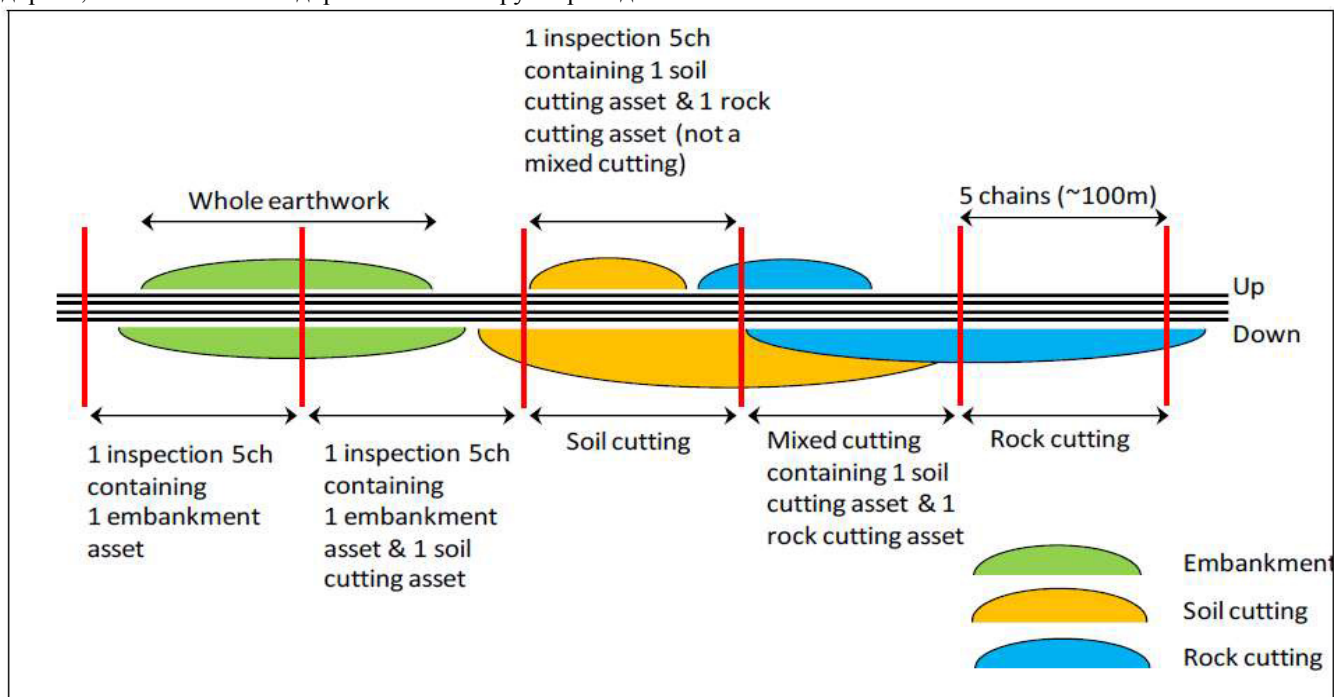


Рис. 1. Виды геотехнических активов. Зеленым помечены насыпи. Желтым – почвенные насыпи и синим каменные насыпи.

Необходимо обеспечить, чтобы погодные явления вызывали бы гораздо меньше разрывов в расписании для поездов, а также то, чтобы физическая устойчивость сети постепенно укреплялась в последующие годы. Приведем один пример по анализу влияния погодных условий на железные дороги Великобритании за

последние годы - единственной железнодорожной линией в Великобритании, которая не понесла каких-либо нарушений связанных с погодными условиями в течение последних нескольких лет, была HS1 (высокоскоростная железнодорожная линия), которая была построена и поддерживается современным стандартами во всем. Это также пример того, что железнодорожная сеть Великобритании пострадала от серьезных инвестиционных ограничений и финансовых ограничений для ряда десятилетий в геотехническую

инфраструктуру.

Необходимо отметить, что для любой дороги, включая железную дорогу, действуют два основных КРП: положительный - это пропускная способность дороги и отрицательный – это потери пропускной

способности дороги, связанные с аварийностью и другими причинами. Сравнительные характеристики таких активов железных дорог для новых, перестроенных с учетом изменений климата и оставшихся «старыми» приведены на рис 2.

				
NEW BUILD	RENEWAL			
CONSTRUCTION OF ASSET TO EC7 AND NR STANDARDS	PLANNED INTERVENTION		ACCELERATED INTERVENTION	ASSET RECOVERY
	<i>- STRENGTHENING *most common</i>	<i>- RECONSTRUCTION</i>	<i>- REACTIVE / EMERGENCY</i>	<i>- CATASTROPHIC FAILURE</i>
<i>- INVOLVEMENT OF RAM TEAM ESSENTIAL FOR FUTURE ASSET MANAGEMENT REQUIREMENTS</i>	<i>- OPTIMISED PLANNING AND INVESTMENT - INCLUDING BRINGING ASSETS BACK INTO USE</i>	<i>- OPTIMISED PLANNING AND INVESTMENT - ACCESS PERMITTING - NOT A TYPICAL SOLUTION</i>	<i>- LOWER / HIGHER COST?? - BALANCE BETWEEN COST, PROGRAMME, SAFETY AND ASSET DETERIORATION</i>	<i>- HIGHEST COST - HIGHEST DISRUPTION - QUICKEST SOLUTION OFTEN DEPLOYED</i>

Рис. 2. Сравнение состояния активов с точки зрения аварийности и деятельности по вмешательству (обновлению).

Мы не ставили себе целью в этой работе дать ответы на все вопросы, это задачи цикла исследований. При этом мы хотели бы обратить внимание на те аспекты, которые крайне важны и недостаточно освещены в российской литературе. Так британцы при старте проекта цифровых железных дорог провели очень серьезное исследование о влиянии изменений климата на железные дороги [25], вот небольшие выдержки из него:

"Это резюме заключительного доклада железной для дороги T1009 «Будущее, которое наступит завтра, и проекты решений по адаптации к изменению климата». Он содержит квинтэссенцию работы, проделанной консорциумом от имени RSSB в период с января 2013 года по декабрь 2015 года. Общие цели проекта T1009 заключаются в расширении и распространении знаний в железнодорожной промышленности Великобритании о том:

1. Как в Великобритании климат и погода, по прогнозам, изменится в будущем.
2. Каковы в настоящее время последствия изменения климата и экстремальных погодных условий на железных дорогах, и прогнозируемые будущие воздействия на них в стране.
3. Что железнодорожная отрасль уже делает, чтобы реагировать и адаптироваться к потенциалу последствий прогнозируемого изменения климата и экстремальных погодных условий
4. Что еще железнодорожная отрасль может сделать, чтобы реагировать и адаптироваться к потенциальным воздействиям прогнозируемого изменения климата и экстремальных погодных условий в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе
5. Какие дополнительные механизмы поддержки принятия решений, подходы и инструменты

железнодорожной промышленности необходимы, чтобы принять экономически эффективные меры реагирования и адаптации к потенциальному воздействию прогнозируемого изменения климата и экстремальных погодных условий.

Было определено восемь тематических задач:

- Задача 1 Экономика адаптации к изменению климата
- Задача 2 Изучение сопоставимости будущих климатических условий / железных дорог
- Задача 3 Метрики для оценки
- Задача 4 Системы моделирования
- Задача 5 Географические системы
- Задача 6 Поддержка Выполнения задач
- Задача 7 Обзор приоритетов
- Задача 8 Источники финансирования

В заключительном докладе приводятся выводы и отдельные ключевые рекомендации этих задач. Там, где это уместно, выводы и задачи были объединены, чтобы обеспечить интегрированные доклады по общим темам".

В России 2017 год объявлен годом экологии Указом Президента России, в том числе, и с учетом подписанного и ратифицированного нашей страной парижского соглашения по изменению климата. Учитывая этот факт и безусловную актуальность этой тематики, приведем еще одну цитату из [25]:

«Общая рекомендация для подсистемы инфраструктуры является разработка ресурсо-эффективных методов (с точки зрения капитальных затрат, сбора данных и времени анализа) для оценки текущего состояния и устойчивости существующей инфраструктуры от погодных явлений. Разработка всеобъемлющей базы данных об объектах инфраструктуры, использование систем дистанционного управления мониторинга состояния и ГИС могут быть теми методами, которые целесообразно рассмотреть».

Не претендуя на все ответы в этом очень сложном вопросе, для решения которого, на наш взгляд, необходимо рассмотрение многих аспектов

накопленных научных и практических знаний сошлемся на опыт США, где по этой тематике создан специальный дорожный институт при университете Айовы под эгидой Транспортного департамента. Однако отметим, что сегодня, например, резкое сокращение затрат и в этом вопросе оказывает применение методов APP экономики или создание специализированных приложений на смартфонах, в совокупности с массой других инновационных решений [21,22,26]. Влияние погодных явлений на линейно протяженные объекты и средства мониторинга в России описано в работе [28].

VII Мосты и другие искусственные сооружения

Без мостов и искусственных сооружений деятельность железных дорог не представляется возможной. Мостовые сооружения являются и национальным достоянием и национальной гордостью любой страны. Как и геотехнические активы и модели они были созданы исходя из поставленных задач функционирования железной дороги и увеличение ее загрузки и функционирования так же требует выявления того в каком они находятся состоянии и что надо сделать для того чтобы они не стали узкими местами при переходе на цифровую железную дорогу.

Цифровые модели мостов настоль важны, что выделены в отдельную номинацию, называемую BrIM (Bridge Information Model - информационная модель моста). Иногда это считается частью BIM, что верно только в той части, что и мосты и здания - это искусственные сооружения. Поскольку именно инспекции и инвентаризации мостов крайне необходимы для сбора данных в цифровую модель, то остановимся на практике этого вопроса. Данные о состоянии моста обеспечивают критически важную и богатую информацию для оценки его структурного состояния для инспекции и наполнения модели (далее инспекция). В настоящее время большинство методов инспектирования мостов используют печатные контрольные перечни, их интерпретация является трудоемкой, и при условии личных суждений, склонны к ошибкам. Для реализации всех преимуществ мостовых инспекций, существует необходимость автоматизировать процесс управления данными. Это исследование реализует технологию информационного моделирования (BrIM) для мостовых инспекций и сравнивает ее с традиционным подходом бумажных контрольных перечней. Эта среда сочетает в себе 3D представление инфраструктуры, а также позволяет интегрировать данные проверки, такие как наличие повреждений, типов повреждений, степени тяжести, локализации и предыдущих решений технического обслуживания. В исследовании [27] BrIM используется в качестве центральной базы данных, которая объединяет модель 3D моста и состояние данных мостовых элементов.

Для того, чтобы обосновать предложенный подход, 2D-чертежи и предыдущие осмотры и данные обслуживания двух мостов, расположенных в Эймс,

штат Айова, были получены и смоделированы с помощью программного обеспечения Revit. Затем, модели были синхронизированы с использованием коммерчески доступных данных на основе решений облачных вычислений для управления, которые позволяют получить доступ к моделям с планшетных компьютеров на месте. BrIM методология инспекции на этой основе была протестирована с инженерами Айова DOT и инспекторами мостов, которые подтвердили, что BrIM станет ценным инструментом для автоматического запроса, сортировки, оценки и передачи информации лицам, принимающим решения. Кроме того, веб-обследование с несколькими DOT инженерами и инспекторами мостов было проведено с целью понять возможные ожидаемые выгоды от использования решений на основе 3D BrIM для мостовых проверок. В итоге все пришли к выводу, что эта методика позволит существенно улучшить оценку моста и операций по техническому обслуживанию, что приводит к снижению затрат, связанных с мостовыми инспекциями и повышает их структурную устойчивость. Кроме того, были также указаны ограничения и проблемы, связанные с этой методологией, такие как вопросы программного обеспечения функциональной совместимости и неспособность приложить инспекции фотографии к элементам 3D модели».

Для того, чтобы проиллюстрировать для читателя роль собранных объективных данных (по уровням детализации таких измерений смотри публикацию [29]) в чисто денежном варианте при оценках реконструкции мостов и их значении для экономики страны в целом приведем исследование [20] только по вариантам реконструкции только одного железнодорожного моста через Миссисипи:

«Железнодорожный Мост The Merchants Memorial Mississippi на реке Миссисипи и мост MacArthur Bridge через реку Миссисипи составляют наиболее интенсивно используемые на Миссисипи железнодорожные переезды в стране. Большой вклад в популярность The Merchants Memorial (Купеческого моста) является его доступность для всех железных дорог. Тем не менее, мосту 126 лет, и он нуждается в значительном ремонте.

Без улучшений, мост будет закрыт в 2034 году, и весь текущий трафик будет перенаправляться на более длинные маршруты, в результате чего сотни дополнительных миль будет необходимо преодолеть тем, кто путешествует. Ремонт моста будет стоить около \$ 250 млн. для строительства, которое включает в себя дополнительные расходы, связанные с закрытием моста во время ремонта.

Тем не менее, проект может генерировать миллиарды долларов в виде экономии средств в ближайшие десятилетия. При ставке дисконтирования 7%, улучшение Купеческого моста (The Merchants Memorial) приведет к почти \$ 4,7 млрд. чистой выгоды в течение следующих 20 лет и примерно \$ 6,6 млрд. в течение следующих 30 лет.

Эти преимущества будут реализованы не только для транспортной отрасли, они помогут всему региону. Таким образом, реконструкция Купеческого моста будет

генерировать экономические выгоды, которые будут защищать наиболее широко используемым на Миссисипи железнодорожный переезд и обеспечивать значительные преимущества для общественности в целом».

Но такого рода исследования возможны только на полной цифровой модели железной дороги, о которой и говорит руководство РЖД.

VIII ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Безусловно, цифровые модели данных не работают сами по себе и их надо наполнять данными, пригодными как для инженерных, так и экономических расчетов, и это тоже отдельная тема инноваций. Сегодня основные места интенсивного развития цифровых железных дорог - это города [31] и там необходимы, например, методы сбора объективных данных о том, из чего состоят подземные инфраструктуры (кабели, трубы и т.п.), и где они, собственно, находятся. Однако при наличии технических решений, многие из которых разработаны в России, необходима инновационная стандартизация такого рода работ. В публикации [26] были приведены экономические и финансовые последствия введения в Великобритании двух инновационных стандартов. Поскольку введение такого рода регламентов имеет огромное значение и для построения цифровых моделей для железных дорог и для многих приложений, например, умного города, мы также приводим информацию о том, как это было решено и создало целую инженерную отрасль в Великобритании. Речь идет о PAS 128: 2014 [30, рис. 3].

Приведем цитату из этого стандарта, которая поясняет и многое сказанное выше вообще о работе с инженерными сооружениями:

«Поскольку спрос на национальную инфраструктуру продолжается расти благодаря новым проектам развития, а также остается необходимость замены и/или поддержки наших существующих инженерных сетей, важность которой также увеличивается, мы должны иметь точную информацию о наличии и расположении наших подземных коммуникаций. Точное обнаружение, идентификация, проверка и расположение таких активов для сервиса всегда было трудной задачей, подлежащей интерпретации и содержащей неточности. Отсутствие достаточного уровня информированности или достоверности в такой информации приводит к следующему:

- рискам для безопасности работников и общественности;
- несостоявшейся и ненужной работе;
- повреждению имущества третьих лиц;
- неэффективным проектными решениями.

Точные данные о коммунальных сетях также могут позволить дать возможность задействовать еще нереализованные выгоды, такие как использование дистанционных роботизированных технологий для поддержания сетей этих активов в будущем в постоянном работоспособном состоянии, чтобы снизить

потребность в навязчивой практике обслуживания (дорожных раскопок). Одновременно, точное отображение инженерных сетей может улучшить возможности моделирования активов с более детерминированными результатами.

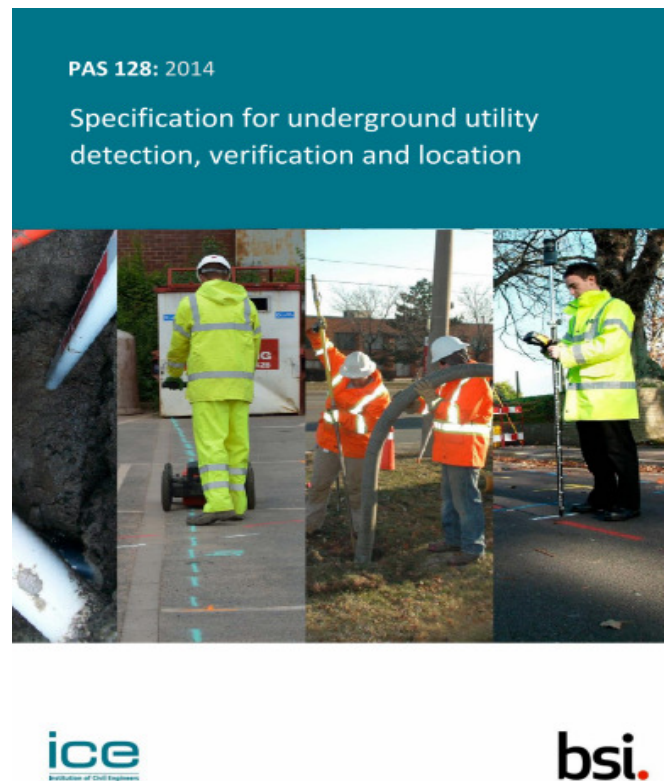


Рис. 3. PAS-128:2014 Спецификации для обнаружения подземных инженерных коммунальных сетей, верификации данных о них и их местоположении.

В Великобритании, нет никаких согласованных или опубликованных стандартов для выявления, проверки и определения местоположения подземных коммуникаций или для сбора и записи этих данных.

Отметим, что с учетом широкого использования и различных коннотаций слово "исследования" ассоциируется со словом "местонахождение", и это было использовано на протяжении всего данного PAS, чтобы определить акт из геопространственной ссылки этих активов или топографических особенностей. Цель этого PAS заключается в том, чтобы установить ясные и недвусмысленные положения, тем, кто занимается обнаружением, проверкой и местоположением активов так, чтобы они не использовали средства, которые приводят к отказам, избыточности или используют неизвестные методы. Этот PAS призван обеспечить:

- ясность в сервисном обеспечении, и используемых методах;
- последовательность в подходе к сбору данных;
- классификацию результатов и уверенность в том, что они могут быть связаны с ними;
- стандартизацию форматов результатов; а также
- ответственность за проделанную работу.

Ожидается, что со временем, образованием и опытом в применении этого PAS, ситуация придет к более

эффективному планированию и безопасному выполнению уличных работ, строительных работ, земляных работ и коммунальных услуг на основе этой деятельности. При создании этого PAS были приняты во внимание развитие других аналогичных работ, например, руководящих принципов и стандартов, принятых в США, Канаде и Австралии. Различные виды обследования и методы дают разную точность и достоверность результатов. Следует признать, что увеличение точности и определенности неизбежно означает увеличение усилий, затрат и времени для достижения этих результатов».

Итак, если данные собраны и проверены, известны инженерные, физические и математические методы - все ли это, что необходимо для цифровой трансформации железной дороги? Далеко нет. С этими данными из модели необходимо уметь работать, ведь это уже то, что называется «большими данными». В заключение приведем еще одну цитату и, как не удивительно, от компании, занимающейся стандартизацией [23]: «Истинная сила Больших Данных лежит не в постепенных улучшениях в коэффициенте полезного действия, а в изменении подхода целых организаций, которые должны теперь управляться данными. Управляемые данными подходы могут революционизировать внутреннюю стратегию и перспективное планирование за счет оптимизации эффективности и недостатков логистики, чтобы поставлять действительно персонализированный опыт заказчику».

Отметим, что мы не ставили целью описать все составляющие цифровой модели железной дороги. По нашему мнению она, как минимум, включает следующие направления:

- описание моделей, применяющихся при строительстве железных дорог и объектов железнодорожной инфраструктуры,
- предложения по созданию консолидированной модели объектов строительства,
- моделирование железнодорожных путей ,
- моделирование железнодорожных развязов,
- моделирование железнодорожных мостов (BIM) ,
- моделирование железнодорожных тоннелей
- моделирование объектов энергетической инфраструктуры ж/д магистрали,
- применение модели-ориентированных технологий при строительстве и реконструкции железнодорожных вокзалов,
- моделирование железнодорожных станций,
- моделирование транспортно-пересадочных узлов (ТПУ),
- моделирование железнодорожных депо,
- мониторинг реализации проектов на базе общей модели.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Куприяновский В. П. и др. Цифровая железная дорога – прогнозы, инновации, проекты //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 9. - С.34-43.
- [2] Куприяновский В. П. и др. Цифровая экономика=модели данных+большие данные+архитектура+приложения //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 5. - С.1-13.
- [3] Куприяновский В. П. и др. Новая пятилетка BIM – инфраструктура и умные города. //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 8. - С.20-35.
- [4] Sanjay Rode “Modern Microeconomics”. Bookboom 2013.
- [5] Douglas K. Macbeth “Contract Life cycle Management”. Bookboom 2012
- [6] Цифровая железная дорога <http://www.rzdvtv.ru/2016/04/28/rzhd-razrabatyvayut-proekt-tsifrovaya-zheleznyaya-doroga/> Retrieved: Sep, 2016
- [7] Pinde Fu, Jiulin Sun Web GIS Principle and Application. ESRI Press 2011
- [8] Butler, J. Allison.”Designing geo-databases for transportation”. ESRI Press 2008.
- [9] PAS 181:2014 Smart city framework – Guide to establishing strategies for smart cities and communities. The British Standards Institution (BSI) 2014.
- [10] PAS 180:2014. Smart cities. Vocabulary. BSI 2014
- [11] PAS 182:2014. Smart city concept model. Guide to establishing a model for data interoperability. BSI 2014
- [12] PD 8100:2015. Smart cities overview. Guide. BSI 2015
- [13] PD 8101:2014. Smart cities. Guide to the role of the planning and development process. BSI 2014
- [14] Куприяновский В.П. и др. О локализации британских стандартов для Умного Города //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №.7. - С.13-21.
- [15] Куприяновский В.П. и др. Экономические выгоды применения комбинированных моделей BIM-ГИС в строительной отрасли. Обзор состояния в мире //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №.5. - С.14-25.
- [16] Куприяновский В.П. и др. BIM – Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Часть 1.Подходы и основные преимущества BIM //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №3. - С.1-8.
- [17] Куприяновский В.П. и др. BIM – Цифровая экономика. Как достигли успеха? Практический подход к теоретической концепции. Часть 2. Цифровая экономика //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №3. - С.9-20.
- [18] Ярцев Д. И. и др. Экономика стандартизации в цифровую эпоху и информационно-коммуникационные технологии на примере Британского института стандартов //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 6. - С.1-9.
- [19] Добрынин А. П. и др. Цифровая экономика-различные пути к эффективному применению технологий (BIM, PLM, CAD, IOT, Smart City, BIG DATA и другие) //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 1. - С.4-11.
- [20] Economic Benefits of Additional Rail Bridge Capacity: A Case Study on the Benefits of Replacing the Merchants Bridge Main Spans at Saint Louis Final Report November 2015. Institute for Transportation Iowa State University 2015
- [21] Proceedings of the 2015 Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure. Conference on Autonomous and Robotic Construction of Infrastructure June 2-3 Ames, IA Iowa State University of Science and Technology 2015
- [22] Earthwork Haul-Truck Cycle-Time Monitoring – A Case Study. Iowa State University Institute for Transportation 2016
- [23] Big Data and standards market research. BSI January 2016
- [24] Innovative Methodology for Location-based Scheduling and Visualization of Earthworks in Road Construction Projects By Raj Kapur Shah, B. Eng., M. Eng. A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements of Teesside University for the degree of Doctor of Philosophy. October – 2011
- [25] Tomorrow's Railway and Climate Change Adaptation: Final Report. RSSB may 2016.
- [26] Куприяновский В.П. и др. Экономика приложений – состояние, стандарты и борьба с цифровым исключением //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – №. 9. - С.13-23.

- [27] Digital Documentation of Element Condition for Bridge Evaluation. A Report on Research Sponsored by Mid-America Transportation Center University of Nebraska-Lincoln. Iowa State University. February 2015
- [28] Богачёв В.М. и др. Влияние внешней среды на эффективность работы Smart Grid. ArcReview № 2 (61). 2012
- [29] Куприяновский В.П. и др. Средства объективного контроля изменений (строительства) объектов на базе ГИС-моделей. ArcReview № 1 (68). 2014.
- [30] PAS 128:2014 Specification for underground utility detection, verification and location. BSI 2014 Pedal-Powered Data <http://datasmart.ash.harvard.edu/news/article/pedal-powered-data-749> Retrieved: Aug, 2016
- [31] Куприяновский В.П. и др. Цифровая трансформация экономики, железных дорог и умных городов. Планы и опыт Великобритании. //International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т.4.- №. 10.

Digital Railroad - an integrated information model as the basis of the digital transformation

Vasily Kupriyanovsky, German Sukonnikov, Dmitry Yartsev, Vitaly Kononov, Sergey Sinyagov,
Dmitry Namiot, Andrey Dobrynin

Abstract— This article is devoted to the topic of building a digital railway. We discuss a digital transformation, which is based on specifying a railway infrastructure. In this article, we look at the data model for a digital railway, discuss the questions of transformation model and the main road, provide plans for digital transformation, describe geotechnical modeling, provide the description of bridges and other man-made structures. Based on the experience of the UK, we describe the impact of climate change on the work of the railways. In conclusion, the article provides all the components of a digital model railway.

Keywords— digital economy, digital railway, GIS.