

# Цифровая автомобильная дорога как отраслевой сегмент цифровой экономики



**В. Н. Бойков,**  
д. т. н., зав. кафедрой  
«Геодезия и геоинформатика» Московского  
автомобильно-дорожного  
государственного тех-  
нического университета  
(МАДИ),  
член Президиума научно-  
технического совета  
Государственной компа-  
нии «Автодор»



**А. В. Скворцов,**  
д. т. н., проф.,  
генеральный директор  
ООО «ИндорСофт»



**Д. С. Сарычев,**  
к. т. н.,  
зам. ген. директора  
по развитию  
ООО «ИндорСофт»

Цифровая экономика, формирующаяся в недрах четвертой индустриальной (технологической) революции, коренным образом меняет процессы и технологии отраслей производства и услуг, создавая беспрецедентные возможности для повышения производительности труда и улучшения качества продукции. Ключевые технологии, обеспечивающие цифровизацию дорожной отрасли, — информационное моделирование и интеллектуальные транспортные системы.

Одно из определений цифровой экономики как совокупности отраслевых моделей, приложений, их реализующих, и накопленных данных [1] позволяет нам рассматривать каждую отрасль в перспективе ее цифровизации. В одном из последних номеров журнала «Транспорт Российской Федерации» [2] представлена статья о Цифровой железной дороге (ЦЖД). В настоящей статье речь пойдет о Цифровой автомобильной дороге (ЦАД).

Датой рождения отечественной цифровой экономики следует считать 28 июля 2017 г., когда вышло Распоряжение Правительства РФ № 1632-р «Об утверждении программы “Цифровая экономика Российской Федерации”». К этому времени развитые страны прошли определенный путь цифровизации и получили некоторые методические и технологические наработки. Признанным мировым лидером по качеству и развитию сети автомобильных дорог считается Германия.

В 2014 г. Федеральное министерство транспорта и цифровой инфраструктуры приступило к реализации «Плана поэтапного перехода на цифровое проектирование и строительство в Германии» [3].

В парадигме цифрового проектирования, строительства и эксплуатации предполагается, что данные, которыми обмениваются между собой участники, совместимы друг с другом. Поэтому все разработчики программных средств должны использовать одинаково стандартизованные и нейтральные к производителям форматы обмена и описания элементов. В качестве нейтрального к разработчикам открытого стандарта

обмена принят продукт IFC, разработанный международным консорциумом BuildingSMART. Для промышленного и гражданского строительства этот стандарт значительно развит и используется во многих странах мира. В строительстве сети дорог общегосударственного значения в ФРГ для обмена данными используется национальный «Каталог объектов для дорог и транспорта» (OKSTRA).

В поэтапном плане предусмотрены три стадии реализации: с 2015 г. — подготовительный период; с 2017 г. — апробация цифровых технологий на пилотных проектах; с конца 2020 г. — регулярное использование цифрового проектирования, строительства и эксплуатации во всех новых проектах строительства транспортной инфраструктуры.

Большая подготовительная работа по внедрению технологий информационного моделирования (BIM) в российскую практику выполнена Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ. Приказом Министерства № 926 от 29.12.2014 г. утвержден «План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства». В рамках реализации плана выполнен ряд пилотных проектов в сфере промышленного и гражданского строительства, которые прошли государственную экспертизу.

На основе зарубежного и отечественного опыта, полученного при выполнении пилотных проектов, был разработан ряд СП и ГОСТ, дающих методическую основу для цифровизации строительной отрасли. Однако накопленный опыт и нормативная база касаются главным образом объ-

ектов промышленного и гражданского строительства и лишь в малой степени применимы к объектам транспортной инфраструктуры.

В отношении цифровизации объектов транспортной инфраструктуры сегодня наибольший интерес вызывает опыт государственной вертикально интегрированной компании ОАО «РЖД», частично изложенный в статье [2]. Отдельные элементы ЦЖД в ОАО «РЖД» накапливались постепенно, по мере необходимости. С 2008 г. компания стала развивать собственную высокоточную координатную сеть (ВКС), так как Государственная геодезическая сеть (ГГС) не обеспечивала точности, необходимой для проектирования и строительства высокоскоростных магистралей [4].

Необходимость оперативного проектирования и выполнения ремонтных работ пути привела к созданию Комплексной системы пространственных данных инфраструктуры железнодорожного транспорта (КСПД ИЖТ), которая стала базой пространственных данных для последующего формирования 3D-ГИС железных дорог [5].

Множество инициатив Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС, головного института ОАО «РЖД» по автоматизации и информатизации) реализовано в сфере организации перевозочного процесса на основе информационно-коммуникационных технологий. Эти инновации стали предпосылками для формирования научно-технического проекта «Цифровая железная дорога», представляющего собой, по сути, долгосрочную основу для реализации технической политики ОАО «РЖД» в современных условиях.

Федеральное дорожное агентство «Росавтодор» и Государственная компания «Автодор», отвечающие за сеть федеральных автомобильных дорог РФ, также имеют серьезные наработки по компонентам цифровой экономики. Например, Госкомпания «Автодор» с 2009 г. последовательно осуществляет развертывание ГИС сети своих магистралей [8]. Каждое дорожное ведомство имеет свои планы поэтапного внедрения информационного моделирования дорог.

В 2016 г. в Госкомпании «Автодор» был разработан первый нормативный отраслевой документ в сфере BIM: СТО АВТОДОР 8.6–2016 «Организационная и технологическая поддержка процес-

сов формирования информационных моделей автомобильных дорог на всех этапах жизненного цикла», который позволил выполнить первые пилотные проекты и накопить определенный опыт для информационного моделирования дорог. Выполнение проектов актуализировало проблему точности ГГС, и Госкомпания «Автодор» по примеру ОАО «РЖД» приступила к развертыванию Ведомственной опорной геодезической сети (ВОГС) с учетом собственных требований [6].

В 2016–2017 гг. по заданию ФДА «Росавтодор» выполнен ряд разработок в сфере BIM. Наиболее актуальна из них «Разработка временных регламентов взаимодействия участников и дополнительных разделов технического задания на выполнение работ по разработке проектной и рабочей документации на пилотных проектах применительно к строительству, капитальному ремонту и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры с применением BIM-технологии, с учетом положений стандартов европейских стран». Разработка временных регламентов преследовала следующие цели [7]:

1) повышение качества проектной документации и сокращение сроков строительства (реконструкции, ремонта) дорог вследствие реализации парадигмы «Информационное моделирование в жизненном цикле дорог»;

2) совершенствование системы управления состоянием сети автомобильных дорог и повышение эффективности капитальных вложений на всех стадиях жизненного цикла дорог в результате внедрения в инженерные и управленческие процессы технологии информационного моделирования;

3) мотивация участников дорожно-строительного процесса к формированию рынка технологий информационного моделирования и создание для этого соответствующих организационных, нормативно-технических и технологических основ.

Введение в действие временных регламентов позволит провести в 2018 г. серию пилотных проектов, которые, безусловно, обогатят теорию и практику информационного моделирования дорог.

При непосредственном общении специалистов ОАО «РЖД», Госкомпании «Автодор» и ФДА «Росавтодор» выяснилось, что зачастую решения сходных отраслевых задач цифровизации дублируются. Очевидно, что координацию, осуществ-

ляемую Минтрансом РФ, необходимо улучшить.

## Цели и задачи

Вехи цифровизации автомобильных дорог обсуждаются давно, но в отличие от ситуации с железными дорогами они не оформлены в виде научно-технического отраслевого проекта. Настоящая статья и направлена на то, чтобы поставить этот вопрос на повестку дня. Естественно, любой проект требует формулирования целей и задач.

Цель формирования проекта «Цифровая автомобильная дорога» — устойчивое развитие дорожной инфраструктуры; повышение общего экономического эффекта от проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог за счет использования цифровых технологий; повышение конкурентоспособности сети дорог РФ на рынке глобальных перевозок. Задачами дорожной отрасли в формате проекта «Цифровая автомобильная дорога» становятся:

- обеспечение обязательного сквозного (непрерывного) применения цифровых технологий на всех стадиях жизненного цикла автомобильных дорог, дорожной деятельности и в транспортной сфере;

- информатизация в области планирования, проектирования, строительства и эксплуатации дорог;

- автоматизация в области движения транспортных средств (в частности, беспилотных), повышения эффективности транспортной работы;

- стандартизация всех элементов информационных технологий (цифровых данных, алгоритмов, протоколов взаимодействия, цифровых платформ, методик применения);

- поддержка развития национальных инновационных предприятий, развивающих цифровую инфраструктуру, платформы и технологии;

- поддержка развития ключевых институтов, в рамках которых создаются элементы среды ЦАД (нормативов, кадров).

Согласно Программы цифровой экономики в дорожной отрасли ЦАД как систему можно представить в виде трех уровней:

1) организационный уровень: информационные процессы, в которых участвуют дорожные службы, автомобильный транспорт, общество, государственные органы и др.;

2) технологический уровень: платформы и сквозные технологии;

3) среда взаимодействия, создающая условия развития платформ, технологий, а также формирующая нормативы, цифровую инфраструктуру, кадры.

Понятие «Цифровая автомобильная дорога» пока не имеет нормативного определения. Приведем определение этого термина, необходимое для решения вопросов по цифровизации автомобильных дорог. Цифровая автомобильная дорога — это система, включающая информационные процессы, ключевые технологии, среду взаимодействия и обеспечивающая управление состоянием транспортной инфраструктуры и функционирование автомобильного транспорта

### Информационные процессы

Формирующиеся в рамках ЦАД информационные процессы разделяют на внутренние и внешние (рис. 1). Внутренние процессы непосредственно обеспечивают функционирование транспортной инфраструктуры и автомобильного транспорта.

Внешние процессы связаны с обществом, органами власти, экологической обстановкой и другими видами транспорта (железнодорожным, воздушным, речным, морским). Очевидно, что информационные процессы, связанные с ЦАД, требуют подробного обсуждения и анализа, но выносятся за рамки данной статьи.

### Ключевые (сквозные) технологии

#### Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС)

Такие системы, называемые новым достижением цивилизации, решают базовую техническую задачу по мгновенному высокоточному определению глобальных координат и времени нахождения объектов на местности. В сфере транспорта ГНСС эффективно сочетаются с системами навигации, интеллектуальными транспортными системами, системами автоматизированного получения пространственных данных и др. Сегодня это одна из важнейших обеспечивающих технологий, приносящая огромный синтетический эффект практически во все сферы дорожной и транспортной деятельности.

#### Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), аэрофотосъемка, лазерное сканирование

Задача быстрой, точной и достоверной фиксации изменений пространственной среды и объекта управления (сети автомобильных дорог) представляется наиваж-

нейшей для эффективного и обоснованного принятия решений. Долгое время эффективность автоматизации крупных инфраструктурных отраслей сковывалась медленным и нерегулярным обновлением информации об объекте управления. Развитие технологий ДЗЗ, беспилотной аэрофотосъемки и лазерного сканирования позволяет оперативно, с исчерпывающими подробностями и точностью получать сведения об объекте управления и его окружении.

#### Высокоскоростные сети передачи данных

Одна из базовых технологий цифровой экономики. Для дорожной отрасли важно, что высокоскоростные беспроводные сети обеспечивают работу бортовых АСУ транспортных средств и интеллектуальных транспортных систем в целом.

#### Технология информационного моделирования (ВМ)

Концепция информационного моделирования — ключевая технология четвертой промышленной революции в строительстве, реализующая принцип полного сквозного цифрового представления и сопровождения объекта на всех стадиях его жизненного цикла. При этом обеспечиваются повторное использование информации и фундамент для комплексного анализа объектов транспортной инфраструктуры

и автоматизации принятия решений. Приведем ряд взаимно интегрируемых систем:

- системы автоматизированного проектирования-моделирования (САПР-ВМ);
- информационные системы управления проектами (ИСУП; 3D+время=4D);
- системы автоматизированной вычисления смет (САВС; 4D+ресурсы=5D);
- системы автоматизированного управления дорожно-строительной машинами (САУ ДСМ);
- геоинформационные системы (ГИС);
- системы моделирования транспортных потоков (СМТП);
- системы оценки транспортно-эксплуатационного состояния дорог (СОС).

Указанные системы обеспечивают формирование и поддержку информационных моделей автомобильных дорог в процессе жизненного цикла. Система САПР-ВМ ключевая, так как именно она предопределяет основные характеристики и потребительские свойства будущей автомобильной дороги [9]. На российском рынке доминируют следующие отечественные САПР дорог: IndorCAD/Road (ИндорСофт, Томск), Robur Дороги (Топоматик, Санкт-Петербург), Credo Дороги (Кредо-Диалог, Минск). Все они успешно эволюцио-



Рис. 1. Взаимодействие внутренних и внешних процессов Цифровой автомобильной дороги

нируют от автоматизированного проектирования к информационному моделированию. Однако переход от проектирования к моделированию дорог ознаменовался тем, что все большее количество отечественных проектов стало выполняться с применением комплексных информационных систем американских производителей: Autodesk и Bentley Systems. В то же время дорожная практика большинства европейских стран: Финляндии, Швеции, Голландии, Германии, Франции и др., базируется на концепции OpenBIM — универсальном подходе к совместному проектированию, строительству и эксплуатации дорог, основанном на открытых рабочих процессах и стандартах.

Концепция OpenBIM заключается:

- в использовании наилучших (или уже апробированных) в своей области САПР-BIM-продуктов, с помощью которых можно оптимально решать поставленные проектные задачи;
- в интеграции выбранных решений в согласованных форматах совместно с ответственными группами заказчика.

Преимущества OpenBIM следующие:

- использование лучших в своем классе решений (от разных производителей);
- постепенное обновление технологий (эволюция вместо революции);
- не нужны сложное переобучение и внедрение;
- концентрация на узких местах;
- потенциальная интеграция с разными решениями, в том числе имеющими национальную специфику (расчет смет, инженерные расчеты и др.);
- общее развитие вместо развития технологий.

При таком подходе решается вопрос гибридного замещения программного обеспечения (ПО). Иными словами, допускается использование как отечественного, так и импортного ПО, замещение которого сейчас невозможно.

#### Интеллектуальные транспортные системы и беспилотные транспортные средства

Входящие в число ключевых технологий интеллектуальные транспортные системы (ИТС) интегрируют информационные и телематические технологии и реализуют автоматизированный поиск и принятие самых эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, кон-



Рис. 2. Альтернативы программного обеспечения поддержки жизненного цикла автомобильных дорог в рамках информационного моделирования

кретным транспортным средством или группой транспортных средств.

Прорывной технологией в рамках цифровой экономики, безусловно, следует считать создание беспилотных автомобилей, которые в ближайшие годы изменят «ландшафт» автомобильных дорог. По прогнозам экспертов к 2020 г. в мире будет выпущено около 10 млн беспилотных автомобилей. С 2016 г. в России осуществляется работа над проектом «Караван», призванным подготовить федеральные автомобильные дороги России для передвижения беспилотников. Определены три первые пилотные зоны: участок дороги в Краснодарском крае; участки дорог М-7 «Волга» от Казани до Набережных Челнов; участок дороги М-11 «Москва — Санкт-Петербург» в районе обхода Вышнего Волочка. В реализации этого проекта задействованы не только отечественные автопроизводители, но и многочисленные исследовательские институты.

#### Среда взаимодействия

##### Инфраструктура

Отметим следующие важнейшие обеспечивающие комплексы инфраструктуры, необходимой для функционирования ЦАД:

- ведомственная опорная геодезическая сеть (ВОГС); информационная поддержка жизненного цикла автомобильных дорог требует обеспечения единства координатно-временного пространства; кроме того, ВОГС необходима при развертывании участков автомобильных дорог для движения беспилотных автомобилей;
- распределенная (облачная) инфраструктура дорожных данных, в которую интегрируются различные

банки и базы данных: ЕГРАД, АБДД, АБДМ и др.;

- среда общих данных (СОД) Заказчика, используемая, в частности, при проведении государственной экспертизы результатов проектной и изыскательской деятельности в дорожной отрасли.

##### Нормативно-правовое и нормативно-техническое регулирование

Новая технологическая революция несет и существенные нововведения в сфере нормативно-технического регулирования. Важно, что новые нормы права зачастую не только обслуживают отрасли экономики, но и ведут их вперед, играя системообразующую межотраслевую роль. Выделим некоторые важные юридические нормы и их применение в дорожном хозяйстве:

- электронная подпись; один из краеугольных камней электронной экономики: она удостоверяет происхождение, легитимность данных; в будущем в дорожной отрасли электронная подпись будет использоваться для самых разных данных (проектных, эксплуатационных, данных с приборов интеллектуальных транспортных систем);
- приоритет электронных регистраций и измерений; до недавнего времени большинство создаваемых реестров (баз данных) были отражением бумажного архива документов, в будущем все изменится: в реестре будут храниться юридически достоверные электронные документы, а заинтересованные лица смогут получить только информационные справки (выписки) по ним; например, именно по такой схеме уже несколько лет работает Единый госу-

дарственный реестр недвижимости (ЕГРН);

- 3D-модели; признание виртуальных моделей в качестве полноценного объекта права назрело давно; модели дороги важны как результаты проектирования, исполнительной съемки, инвентаризации и пр.

- распределенные реестры; одним из кардинальных методов борьбы с усложнением и укрупнением реестров (баз данных) при условии ограниченных возможностей сетей связи и серверов выступает создание территориально распределенной сети серверов, быстро обрабатывающих запросы пользователей на своей территории и связывающихся с другими серверами;

- технологическая нейтральность; в мире до сих пор не разработаны стандарты на большинство данных дорожной отрасли, поэтому приходится пользоваться проприетарным программным обеспечением и не совместимой электроникой;

- инвентаризация; ей уделяется особое внимание: в разных реестрах хранятся дублирующиеся (зачастую противоречивые) данные; в дорожной отрасли при проектировании, паспортизации, диагностике, ПОДД дублируется сбор данных;

- самоисполняемые контракты; автоматическая фиксация исполнения контракта и взимание платы до сих пор кажутся необычными, но они позволяют ускорить процесс оказания услуг и снизить коррупционную составляющую; в дорожной отрасли примерами самоисполняемых контрактов служат безбарьерная система взимания платы без необходимости остановки при проезде по платным дорогам и автоматическое начисление денег за содержание дорог.

Отметим, что приведенные нормы права в течение 2018–2019 гг. согласно программе «Цифровая экономика Российской Федерации» должны быть реализованы на уровне федеральных законов.

К числу нормативно-технических документов прикладного характера, обеспечивающих информационное моделирование дорог, следует отнести СП, ГОСТ, СТО, Временные рекомендации, разработанные в Госстрое, Госкомпании «Автодор», ФДА «Росавтодор».

## Кадры

В стратегии развития цифровой экономики приоритетом должен стать человеческий капитал — подготовленные кадры. Высшая школа с трудом учитывает потребности современной экономики. В МАДИ за последние три года в учебных планах появились дисциплины, непосредственно связанные с информатизацией в дорожном хозяйстве. В рамках бакалавриата это дисциплины «Автоматизированное проектирование автомобильных дорог» и «Геоинформационные системы в строительстве»; в рамках магистратуры появились новые курсы «Автоматизированное проектирование автомагистралей в особых условиях» и «Информационные технологии в дорожном строительстве». В 2018 г. в МАДИ планируется открыть магистратуру по профилю «Информационные системы и технологии в дорожном строительстве», что позволит готовить специалистов, способных заниматься реализацией проекта «Цифровая автомобильная дорога».

Таким образом, цифровая экономика кардинально меняет наши представления о привычных вещах. Появляются новые термины, способные наилучшим образом объяснить происходящие и зарождающиеся процессы. Совсем недавно термин «автомобильная дорога» определялся как «инженерное сооружение, предназначенное для движения автомобилей». Особенность новой технологической революции заключается в инженерной и социально-экономической интеграции смежных систем. Сегодня автомобильная дорога — это объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств. Недавно объектом исследования в дорожной отрасли была триада водитель — автомобиль — дорога, сегодня это система люди — грузы — транспортные потоки — транспортная инфраструктура — экономика.

Ключевые технологии, обеспечивающие цифровизацию дорожной отрасли, — информационное моделирование и интеллектуальные транспортные системы (ITS). Технология BIM затрагивает деятельность в основном дорожных инженеров, ITS служат цифровым инструментом прежде всего для автомобильных и транспортных инженеров. Стык этих двух сфер деятельности способна обеспечить, говоря языком IT-специалистов, интеграционная шина «Цифровая автомобильная дорога».

## Литература

1. Куприяновский В. П., Уткин Н. А., Намиот Д. Б. и др. Цифровая экономика = модели данных + большие данные + архитектура + приложения? // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – № 5. – С. 1–13.
2. Розенберг Е. Н., Уманский В. И., Дзюба Ю. В. Цифровая экономика и Цифровая железная дорога// Транспорт РФ. 2017, № 5 (72). С. 45–49.
3. План поэтапного перехода на цифровое проектирование и строительство в Германии: Федер. мин-во транспорта и цифровой инфраструктуры Германии [Электронный ресурс]. Декабрь 2014. URL: <http://www.allbau-software.de/phocadownload/BIM%20in%20Germany.pdf> (дата обращения 15.04.2018).
4. Тони О., Гельфгат А., Суворов А. и др. О создании высокоточной координатной системы для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Санкт-Петербург на основе глобальных навигационных спутниковых систем ГЛО-НАСС/GPS/Galileo // Инж. изыскания. Февраль 2009. С. 48–55.
5. Розенберг И. Н. Основные направления развития ОАО «НИИАС»: прошлое, настоящее, будущее // Труды 5-й науч.-техн. конф. с межд. участием «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование. ИСУЖТ-2016». М.: НИИАС, 2016. С. 3–8.
6. Гулин В. Н., Мионов С. А., Неретин А. А. Проблема обеспечения единого координатного пространства для объектов дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1 (4). С. 75–83. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.10.
7. Сарычев Д. С., Скворцов А. В. Проекты стандартов и регламентов BIM для автомобильных дорог // Там же. 2017, № 1 (8). С. 9–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.10.
8. Бойков В. Н., Скворцов А. В. Геоинформационные системы автомобильных дорог // Дороги России XXI века. 2017. Спец. выпуск № 1. С. 45–52.
9. Скворцов А. В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014., № 1 (2). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2.