

Информационное моделирование при разработке проектной документации

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.2

Лигоцкий А.Н., руководитель проекта ОАО «Союздорпроект» (г. Москва)

Рассматривается практический опыт ОАО «Союздорпроект» в разработке проектной документации с применением технологии информационного моделирования. Описана технологическая цепочка проектирования от создания модели инженерных изысканий с последующей разработкой документации на стадиях «П» и «Р» и дальнейшей передачей модели на этап эксплуатации в виде ГИС. Рассматривается среда общих данных как один из ключевых элементов технологии информационного моделирования.

Введение

Регулярное увеличение темпов транспортного строительства, всё возрастающая конкуренция на рынке проектно-изыскательских услуг, изменившийся набор инструментов САПР и мировая практика стимулируют проектные организации на поиск новых методов проектирования. Одной из самых обсуждаемых технологий в последние годы является технология информационного моделирования (BIM).

BIM — это не только современные программные продукты, это новая технология и подход к работе изыскателей, проектировщиков, строителей и специалистов по эксплуатации автомобильных дорог [1, 2].

ОАО «Институт по проектированию и изысканиям автомобильных дорог «Союздорпроект» — одна из ведущих профильных организаций в Российской Федерации. Наш институт взял за основу осознание и, как результат, освоение основ информационного моделирования в проектной деятельности, в чём видит и свой дальнейший прогресс, и конкурентные преимущества на рынке дорожных проектно-изыскательских работ. Данная статья отражает наше понимание этого процесса и информирует профессиональное сообщество о первых практических шагах в этом направлении.

По проектам института было построено более 123 тысяч километров автомобильных дорог и 120 километров больших мостов в Советском Союзе, современной России и за рубежом. В частности, запроектированы федеральные трассы М-1 «Беларусь», М-2 «Крым», М-5 «Урал», М-7 «Волга», М-8 «Холмогоры», а также реконструирована МКАД.

В настоящее время одним из приоритетных направлений работы института является проектирование платных федеральных автомобильных дорог. Деятельность ОАО «Союздорпроект» охватывает все регионы России с самыми разными климатическими и геологическими условиями.

Наша деятельность включает в себя полный комплекс работ, связанных с жизненным циклом автомобильной дороги, — от инженерных и экономических изысканий до проектов будущих капитальных ремонтов и реконструкций.

К числу последних глобальных проектов ОАО «Союздорпроект» относится скоростная автомагистраль М-11 Москва — Санкт-Петербург (рис. 1), Центральная кольцевая автомобильная дорога Московской области (ЦКАД), реконструкция основных участков трасс М-3 «Украина» (рис. 2) и М-4 «Дон» для эксплуатации на платной основе. Кроме того, институт готовит про-



Рис. 1. Участок скоростной автомагистрали М-11, «Обход Вышневолочка»



Рис. 2. Автомобильная дорога М-3 «Украина»

ектную документацию по планировке территорий и созданию геоинформационных систем для управления автомобильными дорогами, а также концессионные соглашения для открытия новых государственно-частных партнёрств в дорожной отрасли.

Технология BIM

Наш институт всегда вёл научную деятельность, в том числе в сфере систем автоматизированного проектирования. Первой САПР в строительной отрасли стала система автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР-АД). Первые программы, составленные ОАО «Союздорпроект» для электронно-вычислительных машин, были выпущены ещё в начале 70-х годов прошлого века. Они предназначались для решения задач расчёта координат плана трассы, увязывания элементов продольного профиля, проектирования виражей, подсчёта объёмов земляных работ, расчётов скоростей. В дорожной отрасли Советского Союза подобная система разрабатывалась впервые. САПР-АД (1975–1990 гг.) создавалась на базе современных научно-технических методов и средств автоматизированного проектирования. В ней заложена новая технология работ на основе комплексной автоматизации с применением экономико-математических методов, аэрометодов и ЭВМ [3].

Современным развитием технологий САПР стала технология информационного моделирования (BIM), которая обеспечивает информационную поддержку на всех этапах жизненного цикла объекта (рис. 3) [4, 5].

Сфера нашей деятельности охватывает все этапы жизненного цикла от создания моделей до последующей детализации и передачи заказчику, и мы крайне заинтересованы в их полноценном функционировании. Технология информационного моделирования помогает делать работу на высоком профессиональном уровне и при этом эффективно использовать человеческие и временные ресурсы.

Ключевыми моментами технологии для нас являются:

- коллективная работа в среде общих данных, возможность интеграции рабочих групп и публикации проектных моделей для экспертизы и заказчика;
- поддержка механизма рецензирования (комментирование замечаний к модели и документации между заказчиком, экспертизой, генподрядчиком и субподрядчиками);

- САПР, поддерживающие технологию параметрического 3D-моделирования и проверки качества модели (оценка коллизий);
- унификация форматов моделей для передачи между этапами жизненного цикла объекта, позволяющая избежать повторного моделирования и многократного переиздания документации.

Программное обеспечение

На сегодняшний день на рынке существует большое количество компаний, предлагающих свои решения по технологии информационного моделирования. Многие из них обладают широкими функциональными возможностями и даже поддерживают отдельные элементы информационного моделирования.

Мы постоянно взаимодействуем с производителями программного



Рис. 3. Жизненный цикл автомобильной дороги

Рис. 4.
Технологическая
цепочка



обеспечения, тестируем их продукты и выбираем лучшие решения. Используя линейки современных продуктов импортного и отечественного производства, создаём собственный «конвейер» информационного моделирования автомобильных дорог (рис. 4).

Основными поставщиками программных продуктов на российском рынке являются компании Autodesk и Bentley, имеющие в своей линейке программы для проектирования автомобильных дорог и искусственных сооружений. Так, используя связку продуктов компании Autodesk (Infraworks, Civil 3D, Revit, Navisworks), можно создать эскизную модель на стадии ТЭО в Infraworks, передать её на следующий этап, где, используя Civil 3D и Revit, запроектировать автомобильную дорогу и искусственные сооружения на ней и далее передать в Navisworks на экспертизу проекта и связи модели с календарно-сетевым планированием для управления строительством. В качестве среды общих данных используется Autodesk Valut.

В своей работе мы активно обращаемся к продуктам отечественных производителей, таких как ООО «ИндорСофт», ООО «Кредо-Диалог», НПФ «Топоматик», которые во многом не уступают по функционалу признанным лидерам, а в чём-то даже их превосходят. Использование российских разработок обусловлено тем, что в их основе лежат нормы и стандарты, иногда существенно отличающиеся от зарубежных. Также немаловажным для нас является соотношение «цена/качество», которое даёт отечественным продуктам конкурентное преимущество [6].

Опыт применения

Одним из проектов, выполненных по технологии информационного моделирования, является проект «Подключение к улично-дорожной сети г. Санкт-Петербурга (продолжение Софийской улицы) к скоростной автомобильной дороге М-11 Москва — Санкт-Петербург с устройством

транспортных развязок». По сути, это связка со скоростной платной автодорогой М-11, проектная документация на которую разрабатывалась в составе документации на 8-й этап (интервал 646–684 км). Заказчиком являлась государственная компания «Российские автомобильные дороги». Объект отнесён на вторую очередь строительства (рис. 5).

Проектируемый объект находится в черте Санкт-Петербурга на территории Пушкинского муниципального района. В настоящее время он относится к категории сельскохозяйственных мелиорированных земель, в перспективе предназначенных под промышленную (логистическую) и жилую малоэтажную застройку.

В состав объекта вошла четырёхполосная основная дорога длиной чуть более 3 км, три транспортные развязки и четыре путепровода. Расчётная скорость — 100 км/ч.

Основной сложностью при проектировании являлась необходимость связать три параллельные автомобильные дороги, которые изобилуют коммуникациями и мелиорационными полями (М-11, Московское шоссе и Софийскую улицу), обеспечив съезд с двух последних на международную трассу.

Чтобы реализовать этот проект, было решено применить технологию информационного моделирования и современные методы изысканий. В качестве основного программного обеспечения проекта использовалась отечественная САПР IndorCAD компании «ИндорСофт» (г. Томск).

Рассмотрим основные стадии разработки проектной документации и возможности применения технологии информационного моделирования при проектировании объектов транспортной инфраструктуры.

Инженерные изыскания

В основе любого проекта лежат инженерные изыскания, от полноты и качества которых зависит, насколько точно будет выполнен проект. Мы

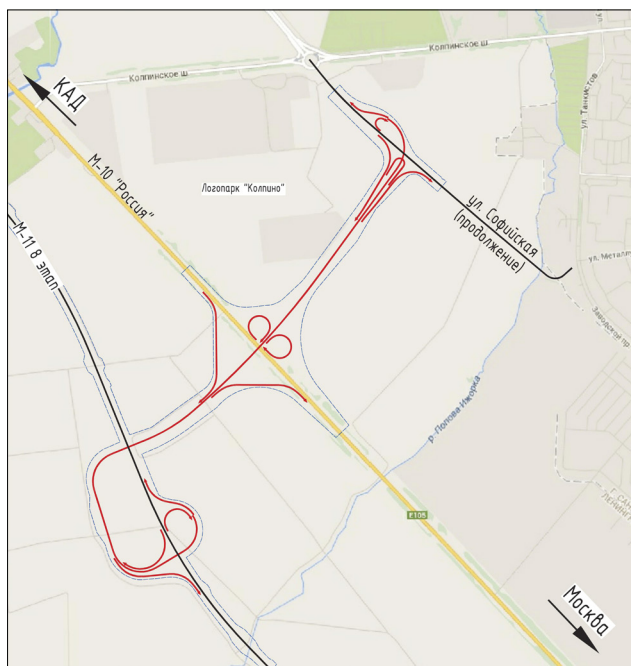


Рис. 5. Проект «Подключение к улично-дорожной сети г. Санкт-Петербурга (продолжение Софийской улицы) к скоростной автомобильной дороге М-11 Москва — Санкт-Петербург с устройством транспортных развязок». Общий вид

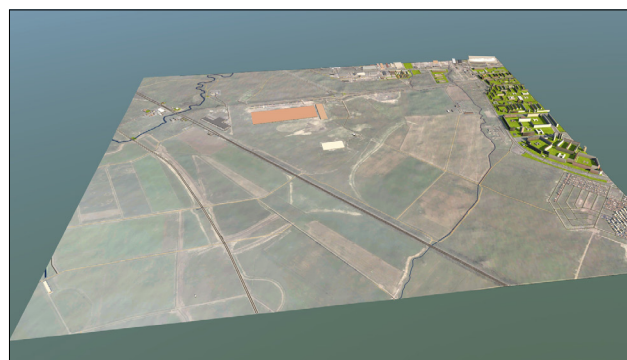


Рис. 6. Цифровая модель местности (ЦММ)

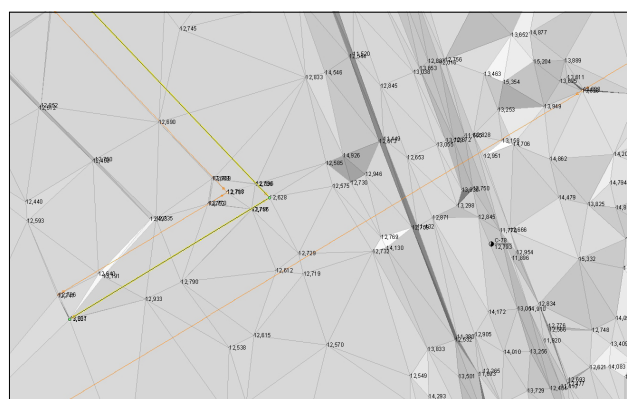


Рис. 7. Триангуляционная поверхность земли в информационной модели

Первичные материалы инженерных изысканий вносятся в среду общих данных и сразу становятся доступны рабочим группам, обрабатывающим их. На первом этапе это позволяет создавать цифровую модель рельефа, местности и геологии.

широко применяем в работе современные методы изысканий: наземное и воздушное лазерное сканирование, георадарное зондирование, современные достижения инженерно-геологических изысканий и данные с различных специализированных спутников.

Первичные материалы инженерных изысканий вносятся в среду общих данных и сразу становятся доступны рабочим группам, обрабатывающим их. На первом этапе это позволяет создавать цифровую модель рельефа, местности и геологии.

Единая трёхмерная информационная модель наиболее адекватна при выборе оптимального проектного решения в сравнении с применением традиционных материалов — топографических планов, отдельных томов геологических, гидрологических и иных изысканий.

При разработке технико-экономического обоснования технология информационного моделирования позволяет быстро прорабатывать различные варианты расположения будущего объекта (будь то автомобильная дорога, развязка или пункт взимания платы) и проводить сравнение всех вариантов в автоматическом режиме. В качестве исходных данных на этом этапе достаточно использовать открытые источники информации: аэрофотосъёмку, дистанционное зондирование земной поверхности, данные Росреестра и пр. В результате мы можем предоставить заказчику концептуальную наглядную модель сравниваемых вариантов для анализа и обсуждения (рис. 6).

В данном проекте модель инженерных изысканий была представлена в виде триангуляционной модели, по-

лученной на основе облака точек, на которую были спроецированы данные аэрофотосъёмки и планировочные решения территории. Геология была также представлена в виде трёхмерной информационной модели, построенной на основе данных о выработках отдельных скважин, которые интерполированы между собой. Данные по коммуникациям загружались в виде трёхмерных элементов и содержали информацию об их координатах, в том числе о глубине заложения и высоте, типах и размерах коммуникаций (рис. 7).

Проектирование

В дальнейшем концептуальная модель и модель инженерных изысканий передаются на этап проектирования, где и создаётся информационная модель будущей дороги.

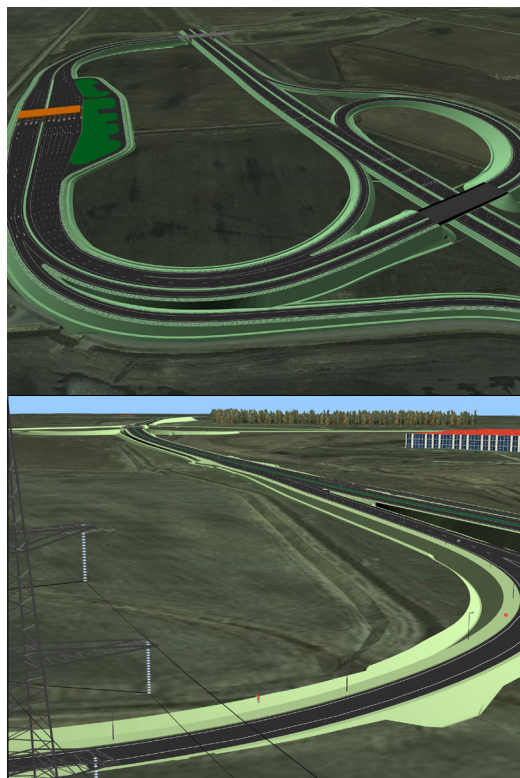


Рис. 8. Информационная модель объекта

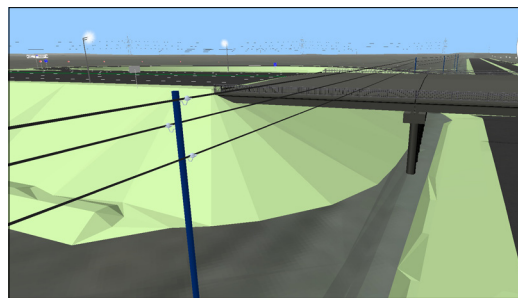


Рис. 9. Существующая линия электропередачи, требующая переустройства

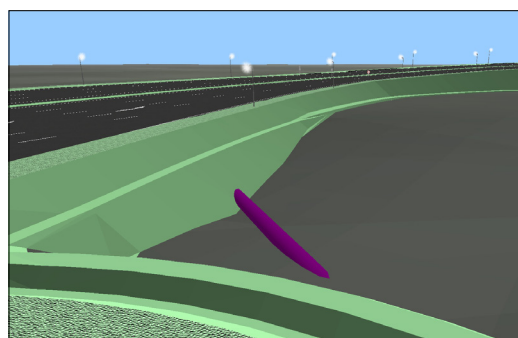


Рис. 10. Существующий трубопровод, проложенный с явным конфликтом

Итак, мы взяли за основу эту модель и инструментами IndorCAD запроектировали дорожное полотно, переходно-скоростные полосы, систему водоотвода и прочие элементы обустройства.

В чём же отличие информационной модели от обычной твердотельной трёхмерной модели? Главным образом в том, что первая оперирует проектными сущностями: трассой, телом земляного полотна, дорожной одеждой, комплексными моделями искусственных сооружений, элементами обустройства. Они описываются стандартизованными параметрами, принятыми в проектировании, и отображаются в масштабе 1:1 в едином трёхмерном пространстве. Проектировщик работает с геометрией и параметрами, а выходные чертежи, ведомости и сметы генерируются автоматически (рис. 8).

Работа с моделью позволяет сразу оценивать качество проектных решений, выявляя коллизии и конфликты взаимного положения элементов, особенно принадлежащих разным дисциплинам. Оценка коллизий даёт возможность мгновенно оценить и устранить конструктивные проблемы, которые при традиционной работе с чертежами обнаружатся только на этапе строительства и потребуют существенных дополнительных затрат на решение и отступление от изначального проекта. Средства информационного моделирования позволяют также сразу выявить в модели ошибки водоотвода, проанализировать видимость, причём не только традиционными

способами (в плане и профиле), но и в трёхмерном пространстве с учётом всех препятствий. Имитационное моделирование при работе с информационной моделью позволяет учитывать габариты потенциальных транспортных средств для создания правильных примыканий и обоснования габаритов искусственных сооружений (рис. 9, 10) [7].

Применение информационного моделирования существенно снижает затраты и время выпуска готовой документации. Проектировщику при поступлении замечаний достаточно скорректировать участок модели — и вся документация автоматически корректируется в соответствии с новыми объёмами, сами построятся чертежи, ведомости и сметы.

В процессе создания информационной модели объекта была наработана библиотека типовых конструкций (пролёты, опоры, фундаменты, элементы водоотвода, элементы обустройства дороги), которую мы будем активно применять и дополнять при разработке других проектов.

Рабочая документация

Качественно созданная на стадии «П» модель значительно облегчает последующее создание рабочей документации, т.к. по сути она уже содержит в себе всю необходимую информацию, которую нужно доработать в соответствии с текущей ситуацией, возможностями и потребностями подрядчика. Снижение ошибок и коллизий,

выявленных на стадии «П», позволяет избежать значительных финансовых и временных затрат на этапе строительства и разработки РД [1, 8]. А если всё-таки изменения необходимо внести, это делается без особых трудозатрат, поскольку модель динамичная, чертежи и ведомости пересчитываются автоматически.

Передача информационной модели на этап строительства также является важным фактором повышения качества выполнения работ, их полного соответствия графикам, технологическим картам и геометрии проектного решения.

При переходе к этапу строительства модель может быть использована как источник данных о проектных поверхностях для роботизированной дорожной техники (бульдозеры, грейдеры, асфальтоукладчики), при этом обеспечивая точное воспроизведение слоёв укладки грунта и дорожной одежды практически без участия человека (рис. 11).

Непосредственно на модели можно отслеживать исполнение календарно-сетевого графика работ, автоматически формировать исполнительную документацию, производственные задания и локальные сметы. Строительный контроль, применяя модель в своей работе, может сверять объёмы и соответствие фактически выполненным работ. Все отступления от проекта вносятся в модель и согласовываются в среде общих данных [9].

И вот объект построен и сдан в эксплуатацию. Что же дальше?

Эксплуатация

Традиционно проектная документация сдаётся в архив, а на смену ей приходит ворох разрозненных бумажных документов: паспорта дороги, искусственных сооружений, объектов недвижимого имущества, проект организации дорожного движения и т.д. Эти документы сложно поддерживать в актуальном состоянии и вносить изменения одновременно во все копии, хранящиеся в разных подразделениях заказчика. О каком-то общем доступе и речи быть не может.

Поэтому для эффективного управления автомобильными дорогами эксплуатирующие организации создают специализированные геоинформационные системы, хранящие в себе всю информацию об объекте и обеспечивающие поддержку в принятии управленческих решений.

Созданная на предыдущих этапах жизненного цикла информационная модель объекта интегрируется в геоинформационную модель этой дороги (рис. 12). Таким образом, эксплуатация построенного объекта осуществляется не с «чистого листа», а сразу с полной трёхмерной модели в ГИС с готовыми ведомостями и проектом содержания, организации движения и т.д. База всегда поддерживается в актуальном состоянии, доступ к ней имеют все заинтересованные лица.



Рис. 11. Применение модели проектной поверхности в САУ ДСТ

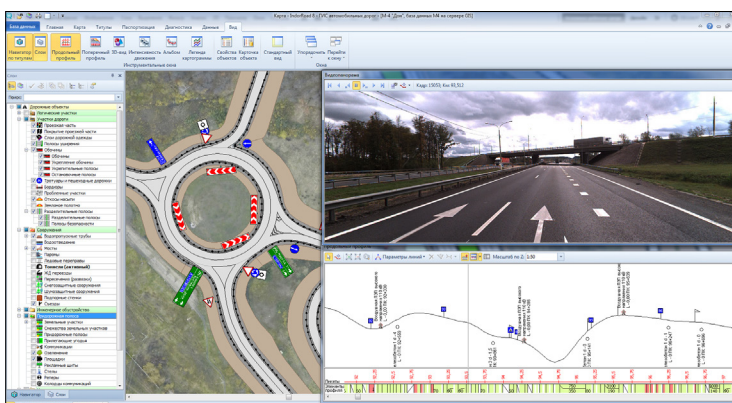


Рис. 12. Геоинформационная система для управления автомобильной дорогой IndorRoad

На основе данных геоинформационной системы ведётся учёт недвижимости и имущества, планируются ремонты и отслеживаются гарантийные обязательства [10].

Среда общих данных

Ключевым моментом технологии информационного моделирования является согласованная командная работа всех участников процесса. Реализовать её позволяет создание так называемой среды общих данных.

Среда общих данных объединяет на базе облачного хранилища информационные модели разных дисциплин (дорога, обустройство, искусственные сооружения, коммуникации, подготовка территории и пр.), с ней и её частями одновременно могут работать несколько десятков человек. Например, заказчик и экспертиза могут оценивать трёхмерную информационную модель с помощью современных средств имитационного моделирования, давать комментарии, делать замечания и отслеживать их выполнение прямо на модели (рис. 13) [11, 12].

Какие же конкурентные преимущества эта технология даёт проектировщику?

- Соответствие запросам рынка и государственных заказчиков.



Рис. 13. Среда общих данных

- Существенное сокращение количества ошибок за счёт совместной работы специалистов разных дисциплин на основе единой модели.
- Меньше запросов на изменения по сравнению с традиционными проектами.
- Улучшенная коммуникация между участниками проекта.
- Более сильный фокус на дисциплине как на этапе проектирования, так и на этапе строительства.
- Более простые отношения с заказчиком.
- Более упорядоченный поток данных на разных этапах — легко внедрять в базу данных и обновлять старые системы.

Заключение

Первый пилотный проект позволил нам увидеть перспективность технологии информационного моделирования. Можно с уверенностью сказать, что за данной технологией будущее. О какой-то экономической эффективности пока говорить рано, для этого необходимо кардинально изменить подход к проектированию и управлению проектами. На основе полученного опыта мы разработали стратегию внедрения технологии информационного моделирования в организации. В ближайшем будущем мы планируем создать стандарт предприятия, модернизировать техническую базу, организовать работу по наполнению базы данных конструктивных элементов, передать опыт рабочей группы другим сотрудникам нашего института и использовать эту технологию как основополагающую.

Опыт российских компаний, внедривших технологию информацион-

ного моделирования, показывает, что она позволяет до 30% сократить сроки проектирования, до 30% снизить стоимость строительства, на 5–10% уменьшить стоимость эксплуатации объекта [1]. Уже сегодня есть прецеденты включения BIM-технологии в тендерную документацию на проектирование и изыскания как обязательной к применению будущим подрядчиком [13]. Конечно, наибольший эффект можно получить при использовании BIM-технологии в контрактах жизненного цикла. Единый инвестор-заказчик ещё на стадии планирования может с высокой точностью определить стоимость будущего объекта, сроки реализации, количество необходимых материальных и людских ресурсов, спланировать бюджет на весь срок реализации проекта, определить экономическую эффективность своих вложений и минимизировать риски, связанные с ошибками планирования. ■

Литература:

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
2. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 1,6–7. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.1
3. Институт «Союздорпроект». Опыт становления и развития теории, практики, процесса и опыта проектирования. Киев: Издательство «Информавтодор», 1998. С. 281–312.
4. 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
5. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных

дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС

автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1

6. Кривых И.В., Мирза Н.С. Обзор зарубежных САПР автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 68–77. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.11
7. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий / В.Н. Бойков [и др.] // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16
8. Сарычев Д.С. Информационное моделирование при разработке проектной и рабочей документации // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 20–24. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.3
9. Бойков В.Н., Неретин А.А., Скворцов А.В. Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.5
10. Шамраев Л.Г., Лигоцкий А.Н. Совершенствование ГИС автомобильной дороги М-4 «Дон» Государственной компании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 64–66. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.13
11. BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information — Code of practice. 2007. 38 p.
12. Скворцов А.В. Общая среда данных как ключевой элемент информационного моделирования автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 37–41. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.6
13. Елугачёв П.А., Елугачёв М.А. Подготовка технического задания в концепции информационного моделирования дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 42–46. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.7