

ВІМ-решения «ИндорСофт» для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.15

Петренко Д.А., технический директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)
Субботин С.А., руководитель отдела ГИС автомобильных дорог ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Обосновывается важность использования технологии информационного моделирования для автоматизации проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог. Описывается предлагаемое компанией «ИндорСофт» комплексное решение на базе современных российских программных продуктов. Показывается поддержка в этом решении основных постулатов концепции ВІМ: параметризации, совместной работы, обнаружения коллизий и возможности обмена данными через стандартные форматы на основных стадиях жизненного цикла автомобильной дороги. Рассматриваются существующие и новые функции системы автоматизированного проектирования IndorCAD 10 и ГИС IndorRoad 10, реализующие требования к технологии информационного моделирования автомобильных дорог.

1. Введение

В последнее время всё чаще и чаще мы слышим термин ВІМ применительно к объектам капитального строительства. Строго говоря, ВІМ изначально расшифровывался как «информационная модель здания» (Building Information Model) или «информационное моделирование зданий» (Building Information Modelling) [1]. Под термином ВІМ подразумевается такой подход к жизненному циклу объекта моделирования, при котором в информационной модели объекта (изначально — здания) собирается и хранится вся необходимая конструкторская, технологическая, экономическая и другая информация о составляющих его взаимосвязанных элементах. При использовании ВІМ информация о модели позволяет автоматически создавать чертежи и отчёты, выполнять анализ проекта, моделировать график выполнения работ, управлять эксплуатацией объектов и т.д. Таким образом, коллективу проектировщиков и строителей предоставляются неограниченные возможности для принятия наилучшего решения с учётом всех имеющихся данных.

Быстро ставший модным термин ВІМ вскоре начал использоваться не только применительно к зданиям, но и в других отраслях. В настоящее время в России под термином ВІМ понимают технологию информационного моделирования в строительстве [2].

В связи с большим ажиотажем вокруг нового термина начал расти спрос на комплексные ВІМ-решения для дорожного хозяйства. В то же время большинство программных комплексов, используемых в настоящее время в России для проектирования автомобильных дорог, не готовы полноценно реализовать концепцию, заложенную в самом термине ВІМ. Существует ли отечественное решение, претендующее на реализацию концепции ВІМ для автомобильных дорог? Ответ попробуем дать в конце статьи.

Далее в статье применительно к автомобильным дорогам будет использоваться термин «информационное моделирование дорог» (ИМД) или «информационная модель дороги». Это не меняет сути — остаётся объект моделирования (дорога) и жизненный цикл, в ходе которого су-

ществует и наполняется информацией модель объекта [3].

2. Требования к информационной модели автомобильной дороги

ИМД как модель должна существовать и наполняться информацией в течение всего жизненного цикла автомобильной дороги. Для решения задач, возникающих на разных этапах жизненного цикла, помимо собственно информации о геометрии дороги (план, продольный профиль, поперечные профили) информационная модель, по мнению авторов, должна включать в себя:

- цифровую модель местности (рельеф, геологию, инженерные коммуникации, ситуацию и т.д.) либо ссылку на модель местности, хранящуюся отдельно;
- используемые конструкции дорожной одежды и участки их применения;
- местоположение и описание объектов инженерного обустройства;
- другую информацию, позволяющую автоматизировать рабочие процессы на разных стадиях жизненного цикла автомобильной дороги и повышать производительность сотрудников, имеющих доступ к ИМД.

Для того чтобы ИМД действительно помогала оптимизировать рабочие процессы, необходимо программное обеспечение, которое умеет взаимодействовать с этой моделью, т.е. может редактировать модель, извлекать из неё нужную информацию и визуализировать в различных представлениях, формировать чертежи, ведомости и другие выходные документы.

Информационное моделирование в целом и дорог в частности подразумевает под собой несколько важных постулатов:

1. Модель должна быть параметризованной — изменения можно вносить в любую часть модели в любое время, при этом зависящие от сделанных изменений элементы модели автоматически должны изменяться в соответствии с заданными в модели правилами [4].

2. Используемое для работы с моделью программное обеспечение должно иметь возможность обнаруживать недопустимые с точки зрения норм проектирования, строительства или эксплуатации коллизии объектов модели [5].

3. Модель должна быть совместимой со стандартизированными форматами данных [6, 7] либо используемое программное обеспечение должно уметь обеспечивать обмен данными модели с другими программными продуктами посредством стандартизированных форматов данных.

4. Программное обеспечение должно обеспечивать работу со средой общих данных (СОД) [8] для возможности оперативного взаимодействия специалистов, использующих модель в своей работе.

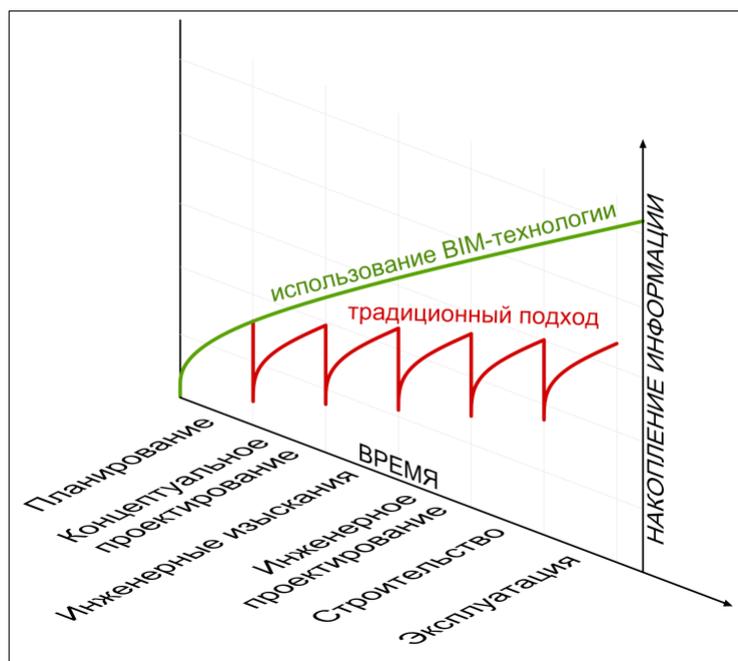


Рис. 1. Потеря информации при традиционном подходе

Жизненный цикл автомобильной дороги как физического объекта — это последовательность процессов существования объекта от замысла до ликвидации. Его принято делить на крупные стадии, внутри которых выделяются отдельные этапы (последовательные технологические работы, завершающиеся неким результатом — информационной моделью определённого вида) и процессы (непрерывные работы/процедуры, длящиеся в течение стадии и использующие/обновляющие информационную модель).

В рамках данной статьи рассматриваются следующие основные стадии жизненного цикла автомобильной дороги [3]:

1. Планирование (предпроектная стадия) — этап формирования нескольких вариантов возможного прохождения трассы и выбора по совокупности технико-экономических показателей одного из них в качестве рабочего.

2. Проектирование (стадия изысканий и проектная стадия) — этап геометрического моделирования существующей местности, создание детальной геометрической модели автомобильной дороги, пересечений, развязок, объектов инженерного обустройства, искусственных сооружений, послойной модели конструктивных слоёв дорожной одежды и т.д.

3. Строительство / реконструкция / капитальный ремонт / ремонт (стадия реализации) — этап реализации проектного решения, в ходе которого выполняются строительные работы, работы по обустройству и подготовке дороги к сдаче в эксплуатацию.

4. Эксплуатация (стадия эксплуатации) — этап, на протяжении которого дорога эксплуатируется и подлежит регулярному обслуживанию, перио-

дической диагностике, выявлению дефектов, планированию мероприятий по текущему и капитальному ремонту дороги и расположенных на ней сооружений.

Зачастую информационная модель, подготовленная на одном из этапов, если не полностью теряется, то как минимум существенно «теряет в весе» при переходе к другому (рис. 1):

- результаты планирования (концептуального или эскизного проектирования) передаются на проектную стадию в виде схем и чертежей;
- строители получают от проектировщиков огромные стопки чертежей, по которым должны выполнять строительство;
- эксплуатирующие организации после окончания строительства сами собирают информацию о построенном объекте.

Потеря информации при переходе от одного этапа к другому может происходить по разным причинам. Например, при использовании слабо совместимых по форматам данных программных продуктов на различных стадиях жизненного цикла или, что тоже часто бывает, при передаче на следующий этап лишь некоторых форм представления имеющейся информационной модели (чертежей, фотографий 3D-моделей, ведомостей), но не самой модели. Однако концепция BIM [9] подразумевает, что в процессе жизненного цикла разные его этапы используют и наполняют единую информационную модель дороги сведениями, необходимыми для проектирования, строительства и последующей эксплуатации автомобильной дороги.

Производители программных комплексов стараются собрать технологическую цепочку из собственных программных продуктов, которая обеспечила бы использование единой модели объекта на разных стадиях жизненного цикла. Решение, которое бы обеспечивало использование единой ИМД на всех этапах жизненного цикла автомобильной дороги, авторам пока не известно. Более того, скорее всего, в дорожной отрасли необходимы комбинированные решения САПР и ГИС [3].

Компания «ИндорСофт», уже много лет занимающаяся разработкой программного обеспечения для про-

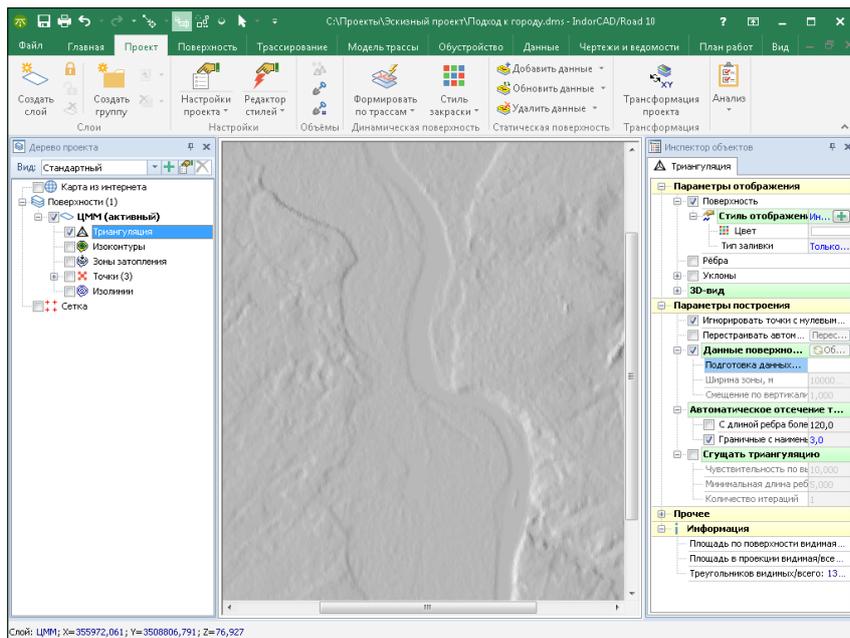


Рис. 2. Модель рельефа, полученная из интернета, в САПР IndorCAD 10

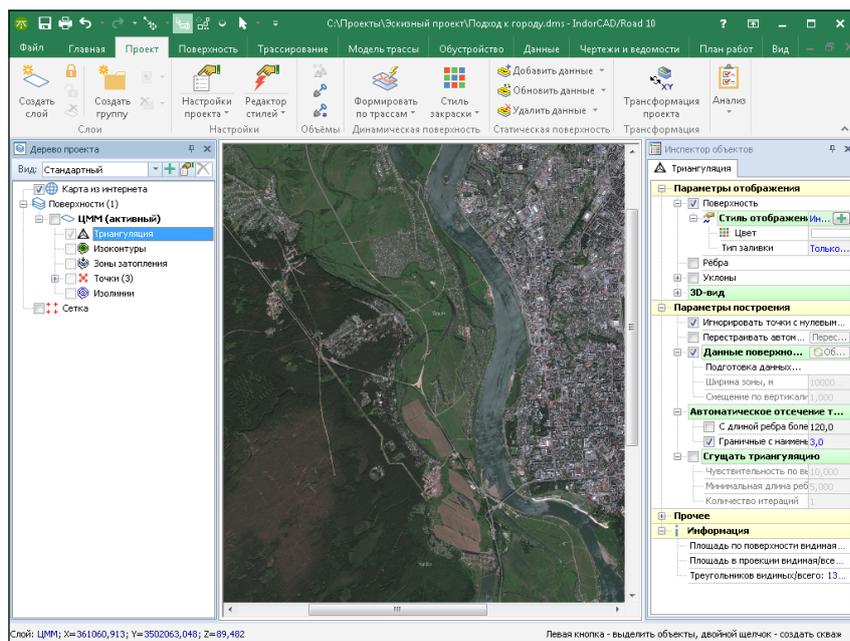


Рис. 3. Использование изображений интернет-карт в IndorCAD 10

ектирования и эксплуатации автомобильных дорог, предлагает к использованию программные продукты, позволяющие реализовать информационное моделирование на всём протяжении жизненного цикла автомобильной дороги, выполненные на базе платформ САПР IndorCAD 10 и ГИС автомобильных дорог IndorRoad 10.

Ниже последовательно рассматриваются этапы жизненного цикла автомобильной дороги на примере использования новых версий дав-

но применяемых во многих странах программных продуктов компании «ИндорСофт».

3. Стадия планирования

На стадии планирования необходимо выработать несколько вариантов прохождения трассы на местности с учётом рельефа, ситуации и землепользования. Варианты могут отличаться количеством искусственных сооружений, объёмом земляных работ, предварительной стоимостью

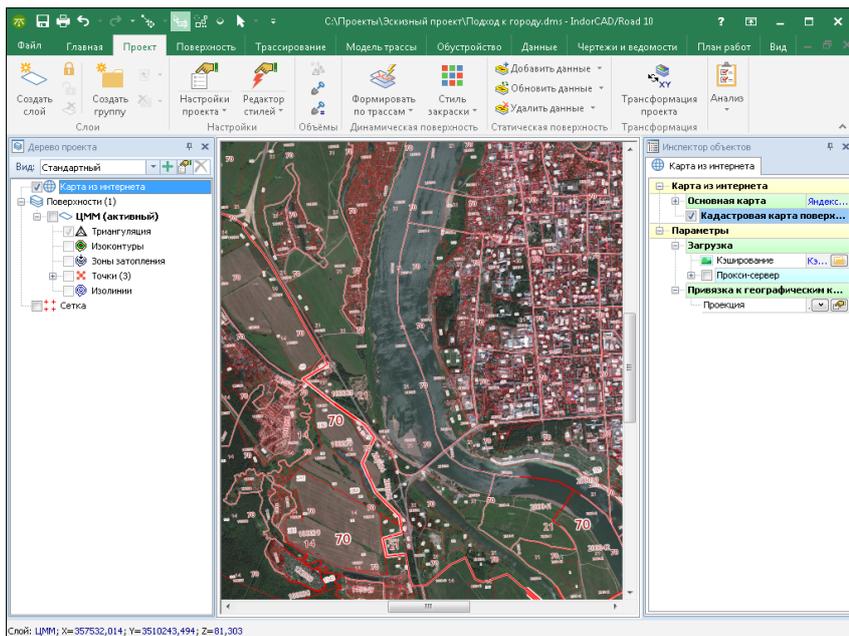


Рис. 4. Наложение кадастровых данных на модель поверхности

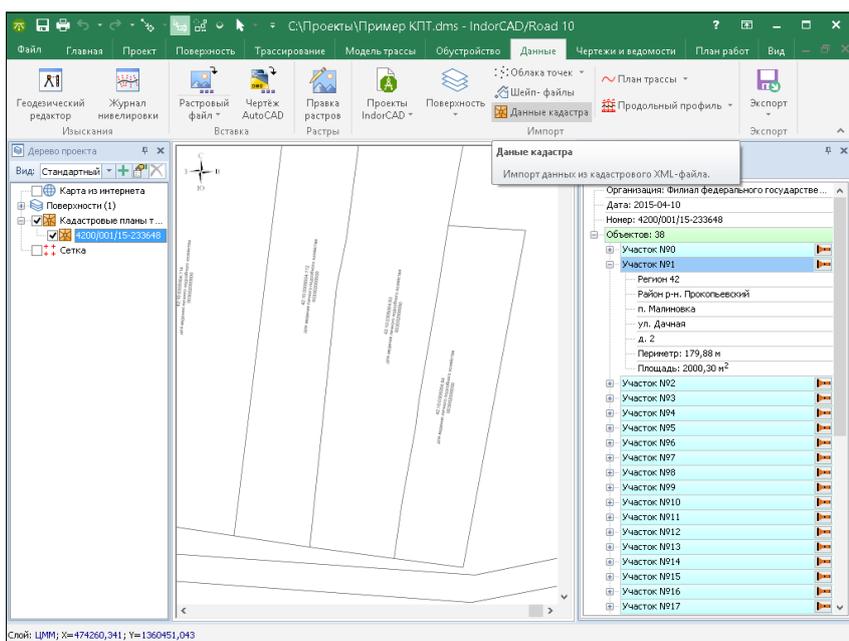


Рис. 5. Информация, получаемая из подключенного кадастрового плана территории

и иметь существенные различия в плановой геометрии. Поэтому выполнение инженерных изысканий в полном объеме на всю территорию, где возможно прохождение варианта автомобильной дороги, нецелесообразно.

В то же время для выполнения работ по планированию зачастую достаточно весьма грубой модели рельефа, которую можно получить из публичных данных о поверхности земли (регулярная модель поверхно-

сти может быть загружена из интернета), или же модели, полученной на основе данных воздушного лазерного сканирования широкой полосы поверхности. Минусом такой модели, возможно, будет отсутствие на ней ситуации, в том числе зданий, водоёмов, растительности и других объектов (рис. 2), но на стадии планирования это легко восполняется возможностью подключения интернет-карт из публичных источников (рис. 3). Примером источника интер-

нет-карт может быть, например, сервис «Космоснимки» [10].

Возможность наложения данных публичных кадастровых карт на модель позволяет в первом приближении получить информацию об участках землепользования, по которым, возможно, будет проходить проектная трасса (рис. 4). Более точные кадастровые данные (кадастровые планы территорий — КПТ в формате XML) можно загрузить непосредственно в проект, при этом по любому участку можно получить доступную в КПТ информацию (рис. 5).

Инструменты IndorCAD 10 позволяют для выбранной территории загружать модель рельефа из интернета, текстурировать поверхность, используя интернет-карты, а также выполнять эскизное трассирование и последующую модификацию эскизной дороги «на лету», визуализируя на карте и в 3D-представлении предварительное «оценочное» проектное решение (рис. 6). При изменении плана трассы продольный профиль автоматически подстраивается под новый рельеф местности. При необходимости инженер может модифицировать линию профиля так, как сочтёт нужным. Простым действием можно изменить используемый шаблон поперечного профиля и поменять, например, категорию автомобильной дороги или число полос движения.

Модель рельефа с вариантами трасс в совокупности с трёхмерным представлением может использоваться для предварительной оценки вариантов реализации и объёмов инвестиций. При необходимости модель решения, полученная на этой стадии, может быть выгружена в форматах LandXML или IFC для обмена с другими программными системами, а может быть использована непосредственно в IndorCAD 10 на следующем этапе.

4. Стадия проектирования

Традиционно этап проектирования начинается с инженерных изысканий, результатом которых является сформированная модель местности, содержащая более точную, чем на этапе планирования, цифровую модель рельефа, модель ситуации, модель геологии, модель инженерных коммуникаций и другую информацию, важную для принятия проектных решений.

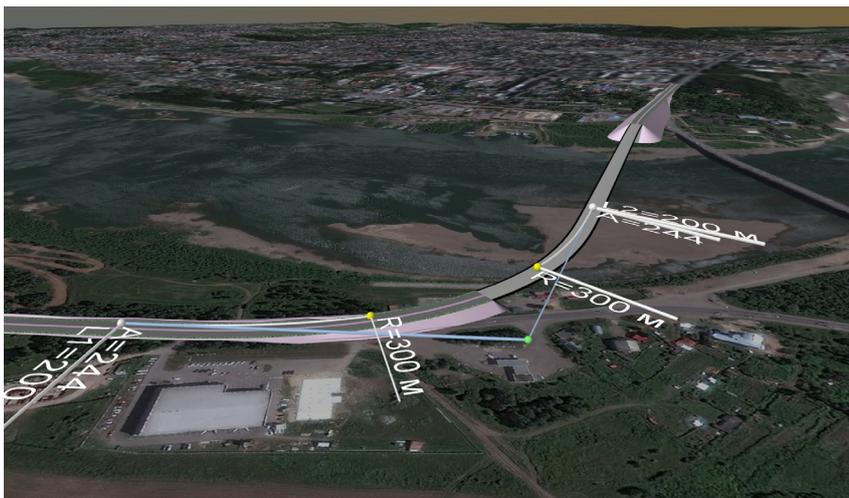


Рис. 6. Концептуальная модель дороги на этапе планирования в IndorCAD 10

При использовании традиционного подхода собственно проектирование начинается только после полного окончания формирования ЦММ, что неизбежно приводит к существенным временным издержкам. BIM-технология, реализованная в IndorCAD 10, позволяет минимизировать временные издержки, выполняя работы по уточнению ЦММ и собственно проектированию независимо.

Параллельно с подготовкой или последовательным уточнением модели инженерных изысканий может выполняться собственно проектирование: концептуальная модель дороги легко преобразуется в привычные для инженера оси, с которыми дальше будут выполняться обычные проектные манипуляции традиционными инструментами по редактированию плана, продольного и поперечных профилей. Работа же по наполнению и уточнению модели инженер-

ных изысканий может продолжаться в процессе проектирования, а начать проектирование можно уже сразу после получения первого уточнения модели рельефа.

Параллельная работа проектировщиков и изыскателей возможна за счёт использования среды общих данных (СОД), предоставляющей в качестве слоя ЦММ отдельно подготовленную модель местности. По ходу наполнения цифровой модели местности информацией о зданиях, инженерных коммуникациях и других значимых объектах, проектировщики посредством СОД получают изменения в модели и могут корректировать проектные решения с учётом полученных изменений. Одним из многих преимуществ, получаемых при использовании BIM-технологии в проектировании по сравнению с традиционным подходом, является возможность обнаруживать потенциальные колли-

Параллельно с подготовкой или последовательным уточнением модели инженерных изысканий может выполняться собственно проектирование: концептуальная модель дороги легко преобразуется в привычные для инженера оси...

зии с инженерными коммуникациями и другими объектами [5]. Это позволяет обнаруживать конфликты на ранних стадиях проектирования и вносить соответствующие изменения в проектное решение задолго до строительства.

После занесения в модель информации о геологических скважинах и построения цифровой модели геологии данные о геологических слоях могут быть использованы при работе с профилями, построении чертежей, подсчёте объёмов земляных работ, а также трёхмерной визуализации геологической модели (рис. 7). Уже в процессе проектирования автомобильной дороги цифровая модель геологии может уточняться и корректироваться геологами, при этом проектировщики, используя СОД, автоматически получают изменённую модель и могут видеть её в сечениях и учитывать геологические слои в объёмах.

Проектируемые объекты модели полностью параметризированы: в процессе проектирования любые параметры проектируемой дороги (план, продольный, поперечные профили, конструкции дорожной одежды и многие другие) могут изменяться «на лету», т.е. в любое время и без необходимости перепроектирования всего того, что уже было сделано. Ведь даже при существенном изменении рабочей отметки с «минуса» на «плюс» конструкция поперечного профиля автоматически изменится с выемки на насыпь, благодаря использованию встроенных в систему «сценариев».

В IndorCAD 10 встроена библиотека типовых решений, которую пользователь может дополнять собственными элементами. Помимо конструкций по-

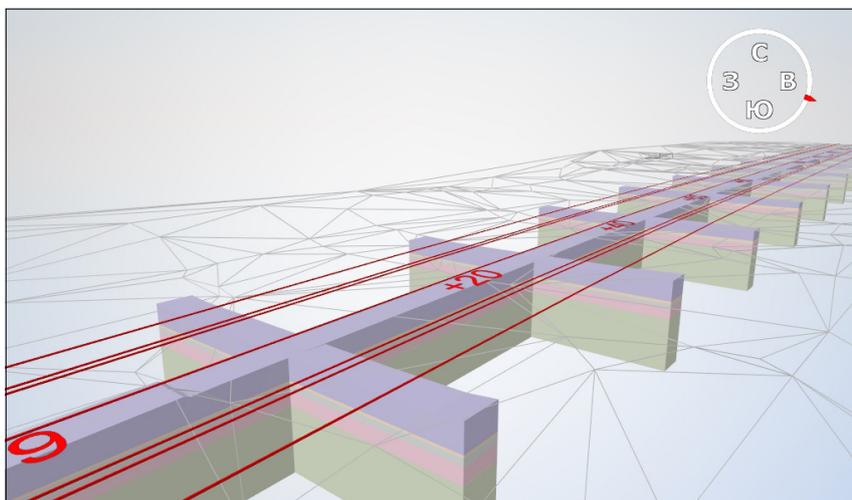


Рис. 7. Сечение геологических слоёв под проектируемой дорогой



Рис. 8. Вставленная в проект модель объекта, подготовленная в другом программном продукте

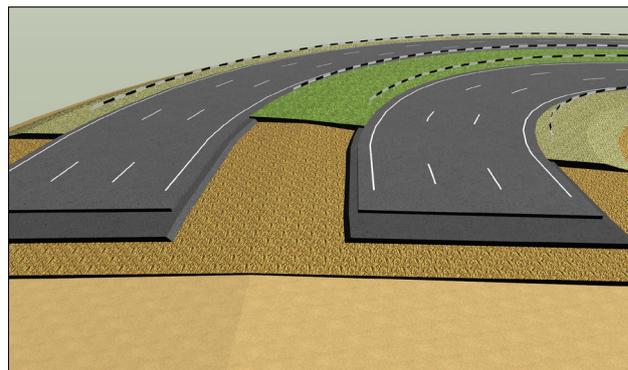


Рис. 9. Послойная модель конструкции дорожной одежды в IndorCAD 10

Использование среды общих данных позволяет всем участникам процесса не только видеть актуальную информацию по проектируемому объекту, но и иметь возможность вставлять комментарии, прикрепляя их к тому или иному объекту проекта.

перечного профиля, библиотека может содержать также типовые конструкции дорожных одежд. Таким образом, внесение заранее рассчитанной в IndorPavement [11] конструкции дорожной одежды в модель дороги может быть выполнено в несколько щелчков мыши.

Использование среды общих данных позволяет всем участникам процесса не только видеть актуальную информацию по проектируемому объекту, но и иметь возможность вставлять комментарии, прикрепляя их к тому или иному объекту проекта. Скажем, заказчик, при предоставлении ему такой возможности, или ГИП могут, «подключившись» к текущему состоянию модели, оставить какие-либо замечания или ремарки о некоторой части проекта. Проектировщики, непосредственно выполняющие проектные работы, при этом могут сразу увидеть замечания и оперативно внести правки в модель.

Некоторые объекты проекта (остановочные комплексы, пункты взимания платы, АЗС, надземные пешеходные переходы, мосты и т.д.) зачастую проектируются отдельно и в других программных продуктах. Система IndorCAD 10 позволяет загружать и устанавливать на создаваемую модель проектной поверхности различные 3D-объекты, созданные с использованием специализированных программных средств, поддерживающих распространённые форматы данных (DWG, IFC, OBJ), для получения цельной единой модели проекта. Например, объекты придорожного сервиса, смоделированные в специальных программах, без проблем «встраиваются» в проектное решение (рис. 8).

В результате проектирования постепенно формируется проектная модель дороги — полноценная 3D-модель, детально описывающая

конструктивное решение. При этом детализация проектной модели такова, что позволяет получить поверхности всех конструктивных элементов дорожной одежды, делая возможным использование модели на этапе строительства (рис. 9).

5. Стадия строительства

Система автоматизированного управления дорожно-строительными машинами (САУ ДСМ) — это программно-аппаратный комплекс, устанавливаемый на строительной технике для постоянного контроля текущего положения рабочего органа машины по высоте и уклону с целью точного повторения заранее подготовленной проектной поверхности [12, 13]. Современные САУ ДСМ позволяют формировать поверхности сложной формы за счёт использования в бортовом компьютере цифровой модели проекта, поэтому для работы требуется загрузить в бортовой компьютер системы на машине ту цифровую модель поверхности, которую должен повторить рабочий орган машины. При традиционном подходе возникает проблема с загрузкой данных, поскольку на сегодняшний день проектная документация зачастую предоставляется на бумажном носителе. И даже если имеется электронный вариант проектной документации в виде PDF-файлов, он всё равно не может быть загружен в САУ ДСМ, поскольку по своей сути не является трёхмерной цифровой моделью поверхности. В результате для использования САУ ДСМ в процессе строительных работ требуется заново воссоздавать трёхмерную модель проекта из чертежей, в ходе чего однозначно будут иметь место ошибки, которые неминуемо отразятся на результате работы строительной техники.

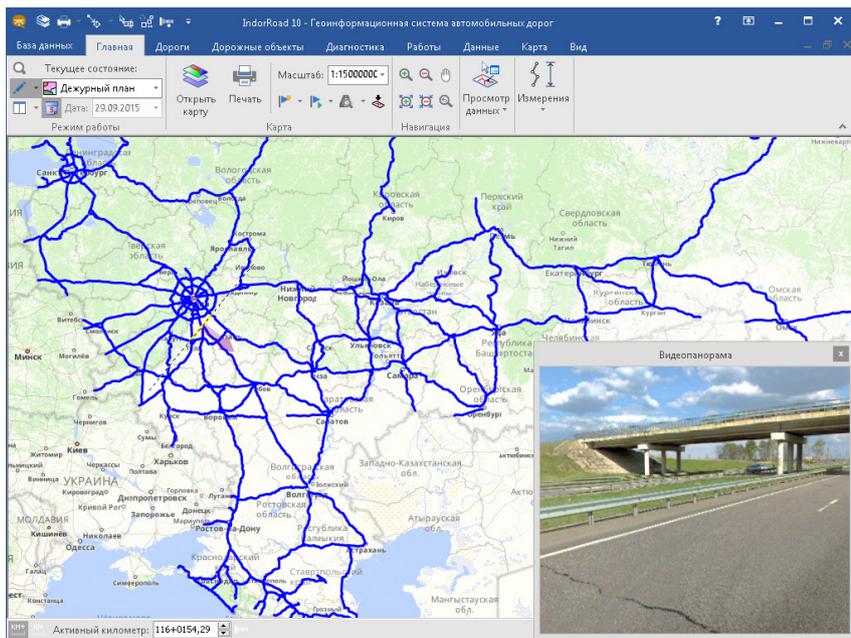


Рис. 10. Внешний вид ГИС автомобильных дорог IndorRoad 10

IndorCAD 10 решает проблему передачи данных в САУ ДСМ, позволяя нажатием одной кнопки сформировать набор поверхностей и структурных линий (по каждому слою земляного полотна при многослойном его обустройстве, по каждому из слоёв дорожной одежды, а в случае проекта ремонта — и по поверхностям фрезерования) и сохранить этот набор в одном из форматов, поддерживаемых практически всеми современными системами управления дорожно-строительными машинами.

В процессе строительства могут проводиться контрольные исполнительные съёмки фактически построенной поверхности. Такие измерения могут выполняться как традиционными методами (тахеометрической съёмкой), так и с применением набирающих популярность мобильных лазерных сканирующих систем. IndorCAD 10 позволяет легко загрузить результаты таких съёмок и визуализировать их, показывая места, в которых отклонение от проектной поверхности превосходит допустимые отклонения.

6. Стадия эксплуатации

По завершении строительства следует стадия эксплуатации автомобильной дороги. На этом этапе традиционно информационные модели создаются и поддерживаются посредством геоинформационных систем (ГИС) (рис. 10). При наличии

созданной на предыдущих стадиях ИМД было бы логичным её использование и на этапе эксплуатации. Однако подходы к хранению данных и их структур, используемые в САПР и ГИС, существенно различаются [14, 15]. Различаются и требования к составу и объёмам информации, используемой для решения задач на этих стадиях жизненного цикла. В САПР проект выполняется, как правило, на небольшом участке дороги (до нескольких десятков километров), отдельные элементы модели достаточно сильно связаны между собой и перестраиваются «на ходу» при изменении других элементов. Поэтому вся модель проектируемого участка дороги хранится в одном файле на диске и загружается в оперативную память компьютера целиком. ГИС, в отличие от САПР, оперирует значительно большими объёмами данных, используя для их хранения сервер баз данных и обеспечивая многопользовательский доступ к ним. В одной базе данных могут храниться данные о сети автомобильных дорог общей протяжённостью в несколько десятков тысяч километров. Такие данные имеют гораздо меньше взаимных связей, не требуют частых перевычислений и могут подгружаться пользователю небольшими порциями в некотором указанном регионе. Поскольку в САПР и ГИС используется разный подход к организации и хранению данных,

необходим механизм и формат обмена данными между САПР и ГИС. В системах IndorCAD 10 и IndorRoad 10 такая возможность обмена данными существует.

В начале этапа эксплуатации все данные ИМД, которые могут быть использованы на этом этапе, импортируются в базу данных ГИС. Сам проект автомобильной дороги также помещается в общее хранилище данных. При этом не теряется связность различных элементов проекта и соответствующих им объектов в базе данных. В ГИС ИМД продолжает развиваться и пополняется материалами паспортизации, диагностики и другой информацией по комплексу сооружений, входящих в состав автомобильной дороги.

При выполнении работ по паспортизации (инвентаризации) или кадастровому учёту в ИМД попадают уточнённые или обновлённые данные о существующих дорожных сооружениях, а также данные о появившихся сооружениях, дорожных элементах или объектах придорожной полосы. Если при возникновении новых объектов выполнялось их проектирование, то вся проектная и другая документация тоже заносится в ИМД.

Результаты выполненной диагностики также сохраняются в соответствующих разделах ИМД. На их основе выполняется оценка транспортно-эксплуатационного состояния дороги и в случае необходимости назначаются ремонты. Проект ремонта выполняется в САПР, в качестве исходных данных для проектирования используется информация, накопленная в ИМД во время эксплуатации дороги, а также исходная информация о проекте дороги, выполненном на этапе проектирования. Таким образом, для возможности использования информации для выполнения проекта ремонта или реконструкции необходимо обеспечить «обратную» передачу данных из ГИС в САПР. После разработки проекта ремонта и фактического выполнения ремонтных работ информация о выполненном ремонте, собственно проект ремонта, информация об изменённых в процессе ремонта параметрах автомобильной дороги и элементах дорожных конструкций, а также сведения о гарантийных обязательствах [16] включаются в ИМД. В итоге на этапе эксплуатации различные виды данных должны циклически переда-

ваться между САПР и ГИС в рамках единой ИМД.

На стадии эксплуатации автомобильной дороги важно обеспечение безопасности дорожного движения на всей дороге и на отдельных, наиболее опасных, участках. Основной метрикой для выявления таких участков служат данные о дорожно-транспортных происшествиях, присутствующие в ИМД и периодически актуализируемые. ГИС IndorRoad позволяет по этим данным выявлять участки концентрации ДТП [17]. После выявления аварийно-опасных участков, как правило, вносятся изменения в существующие проекты организации дорожного движения (ПОДД) или разрабатываются новые. В силу того, что ИМД содержит в себе всю необходимую информацию о технических средствах организации дорожного движения, ГИС позволяет свести разработку или корректирование ПОДД к редактированию информационной модели при помощи специальных инструментов [18]. Обмен данными в процессе выполнения ПОДД осуществляется аналогично процессу выполнения и реализации проектов ремонта, описанному выше.

Одной из важных задач на стадии эксплуатации является планирование работ по содержанию автомобильных дорог. Информационная модель автомобильной дороги содержит комплексную информацию по объектам, составляющим автомобильную дорогу (например, ширина проезжей части, тип покрытия, дорожные знаки, ограждения и т.п.) с точным описанием их геометрических параметров и атрибутов. Наличие инструментов, позволяющих точно определять расстояния и площади произвольных участков автомобильной дороги, получать агрегированные выборки данных по различным типам объектов, позволяет использовать ГИС в качестве инженерного инструмента для определения объёмов работ при содержании автомобильной дороги.

Заключение

Таким образом использование технологии информационного моделирования, реализованной в программных продуктах компании «ИндорСофт» для автомобильных дорог, позволяет на стадиях планирования, проектирования, строительства и эксплуатации

использовать сквозную информационную модель дороги.

Непосредственно в системе IndorCAD 10 может быть выполнено сопровождение основных этапов жизненного цикла автомобильной дороги: эскизное проектирование, построение качественной ЦММ, инженерное проектирование, поддержка строительства, контроль строительства объекта и передача данных в ГИС для последующего управления построенным объектом.

В ГИС IndorRoad 10 хранятся и аккумулируются все данные, используемые на этапе эксплуатации автомобильной дороги. Для автоматизации и успешного решения задач всего жизненного цикла необходимо взаимодействие двух классов программных продуктов (ГИС и САПР).

Однако стоит помнить, что технология информационного моделирования подразумевает под собой не только использование соответствующего программного обеспечения, но и повышение зрелости применения технологий [19]: изменение стереотипов мышления, подходов к организации процессов применительно к каждому этапу жизненного цикла автомобильных дорог. ■

Литература:

- 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.
- Король М.Г. BIM: Информационное моделирование — цифровой век строительной отрасли // Стройматериал. 2014. № 39. С. 26–30.
- 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.
- Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
- Бойков В.Н., Мирза Н.С., Петренко Д.А., Скворцов А.В. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16.
- Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
- Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
- 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.
- Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.3.
- Медведев В.И. Использование интернет-карт в САПР и ГИС в качестве подложек // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 119–125. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.18.
- Рукавишников Е.Е., Лубкина К.А., Скворцов А.В. Проектирование, расчёт и контроль дорожных одежд // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 33–35. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.7.
- Гулин В.Н. Цифровые модели для систем управления дорожно-строительными машинами // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 56–59. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.6.
- Райкова Л.С., Петренко Д.А. Строительство автомобильных дорог на основе 3D-моделей // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 81–85. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.13.
- Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 98–102. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.16.
- Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 47–54. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.10.
- Скачкова А.С., Кривых И.В., Субботин С.А. Учёт гарантийных обязательств на выполненные работы в ГИС IndorRoad // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 115–119. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.19.
- Бойков В.Н., Субботин С.А. Анализ дорожно-транспортных происшествий с использованием ГИС IndorRoad // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 74–76. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.16.
- Кривопапов А.Д., Петренко Д.А., Райкова Л.С. Разработка проектов организации дорожного движения: настоящее и будущее // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 86–92. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.14.
- Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12–21. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.3.