

# ГИС КАК ОСНОВА АВТОМАТИЗАЦИИ

**Д.С. Сарычев, к.т.н.,**  
директор по развитию  
ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Технологии автоматизации при эксплуатации, проектировании и строительстве автомобильных дорог развиваются сравнительно давно. В 80-х годах прошлого века начали широко применяться системы автоматизированного проектирования (САПР) для автомобильных дорог.*

Примерно в то же время появились первые базы данных, содержащие сведения о существующих дорогах, на основе которых решались различные частные задачи, например, паспортизации и анализа данных диагностики. Развитие в 90-х годах автоматизированных средств геодезии (дистанционное зондирование, спутниковая навигация, программное обеспечение для обработки геодезических съемок) открыло широкую дорогу автоматизации при изысканиях. В 2000-х развитие технологий информационного моделирования зданий (BIM) создало предпосылки к автоматизации процессов планирования и сопровождения строительства. Примерно в этот же период активно развивается направление интеллектуальных транспортных систем (ИТС) — как в самой дорожной отрасли, так и на транспортных средствах пользователей автомобильных дорог.

Отдельно следует выделить технологию геоинформационных систем (ГИС), которая позволяет учитывать объекты на местности. Эта система позволяет создавать очень точные пространственные модели сетей автомобильных дорог, представляя их географическое положение не только в местных масштабах, но и в рамках всей Земли. ГИС позволили представлять практически неограниченное количество автомобильных дорог и их частей на местности, что открыло возможность учитывать местоположение объектов и событий при различных видах анализа.

## ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Столь быстрое появление массы новых технологий автоматизации в дорожной отрасли и их фрагментарное внедрение породило к настоящему моменту феномен «лоскутной автоматизации». Практически в каждом органе управления дорожным хозяйством применяются несколько отдельных систем и видов программного обеспечения, которые используются достаточно автономно. В подрядных организациях также применяется немало современных, продвинутых технологий и систем, однако во многих случаях они используются совершенно автономно, а результат их применения сводится в конечном итоге к формированию бумажных документов.

Таким образом, с одной стороны, имеется достаточно массовое применение средств автоматизации для решения отдельных частных задач в дорожной отрасли; с другой — эти задачи сильно изолированы друг от друга и не происходит автоматизированного обмена данными между отдельными блоками автоматизации. В качестве примера можно привести процесс проектирования автомобильной дороги, при котором создается очень детальная трехмерная модель участка дороги, элементов инженерного обустройства. Однако затем формируются бумажные чертежи и ведомости, а исходная модель остается невостребованной, хотя она могла бы стать основой будущего паспорта автомобильной дороги. И подобная ситуация практически повсеместна.

В 2005 году в Федеральном дорожном агентстве «Росавтодор» стартовал большой проект по созданию единой АСУ Росавтодора. Был проведен подробный анализ бизнес-процессов Росавтодора и филиалов и выделены 33 основных прикладных подсистемы будущей АСУ. Она должна была работать вокруг единой модели дороги, на которую каждая подсистема «навешивала» бы собственные дополнительные данные и задачи. К сожалению, масштаб задачи оказался слишком велик, а глубина понимания процессов — недостаточной, и вместо создания на первом же этапе информационной модели сети автомобильных дорог, систему начали развивать «вширь», по сути и создав феномен лоскутной автоматизации.

## СЦЕНАРИИ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПРОБЛЕМ И ИНТЕГРАЦИИ

Для преодоления проблем отсутствия связи между системами и упорядочения информационного обмена в мире применяются два основных подхода. Первый сценарий — это создание обменных форматов данных и регламентов по обязательному использованию цифровых результатов работы одних автоматизированных систем в других автоматизированных системах. Например, результаты работы системы по оценке транспортно-эксплуатационного состояния дорог экспортируются через некоторый обменный формат в систему планирования содержания и ремонтов. Плюсами такого сценария являются:

— отсутствие необходимости то-

тальной замены привычного и отработанного программного обеспечения, переучивания специалистов;

- гибкость при выборе нового программного обеспечения: главными критериями становятся его качество и цена.

В то же время этот сценарий имеет и минусы, среди которых:

- необходимость разработки множества обменных форматов, средств конвертации данных из одних автоматизированных систем в другие и сложных регламентов. Ситуация усугубляется тем, что производители программного обеспечения часто меняют внутренние форматы данных программ, что отчасти может быть скомпенсировано стандартизацией и сертификацией;

- целостность (непротиворечивость данных, их актуальность и синхронное обновление во всех системах) остается на совести пользователей;

- организационные издержки, связанные с повышенными требованиями по исполнению регламентов обмена данными и сложностью сопровождения большого набора разнообразных систем.

Второй сценарий — это централизация всех данных о дороге до единой модели и единой базы дорожных данных и адаптация всех автоматизированных систем к работе с ними. К плюсам сценария относятся:

- отсутствие необходимости в семействе обменных форматов разного качества — единая модель содержит исчерпывающие сведения, с которыми работают все прикладные системы;

- регламент обновления и использования данных сильно упрощается — все подсистемы работают с одной актуальной базой (моделью дороги), целостность и непротиворечивость модели обеспечиваются ядром системы.

Отсюда же вытекают и минусы:

- существующее на местах программное обеспечение не адаптировано к работе с единой моделью,

его замена влечет расходы и требует подготовки пользователей;

- централизация баз данных делает их менее гибкими, при наличии удаленных рабочих мест (филиалов, подрядчиков и тому подобное) остро встает вопрос их доступа к центральной базе или репликации данных. В то же время повсеместное развитие сети Интернет и построение автоматизированных систем в виде веб-порталов, работа с которыми осуществляется через «тонкого клиента», существенно снижает актуальность этой проблемы.

В середине 2000-х годов начал широко развиваться третий сценарий: создание инфраструктур данных. Он призван решить проблему массового повторного использования данных у множества независимых пользователей и при этом оставляет существенную свободу в выборе конкретного программного обеспечения. Рассмотрим его на примере инфраструктуры пространственных данных. Суть заключается в том, что ответственность за актуальность и доступность данных об объектах лежит на собственниках объектов; имеется небольшое количество стандартов, описывающих требования к данным и способы доступа к ним, а также правила адаптации и наращивания сложности моделей данных под конкретные прикладные задачи. Также стандартизуется некий минимальный базовый набор данных в предметной области (каркас). Например, стандарт EuroRoadS описывает автомобильные дороги в виде набора узлов и сегментов, имеющих географическое представление, правила позиционирования всех элементов на этом каркасе и правила, по которым описание дороги может расширяться (атрибуты, привязанные к каркасу и адресам). Что характерно, собственники отдельных баз дорожных данных не обязаны иметь какую-то внутреннюю единую модель, но их программное обеспечение должно предоставлять доступ (интерфейс) по стандарту EuroRoadS, чтобы дру-

гое программное обеспечение могло использовать их базы данных.

## ПОЛНОЦЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА БАЗЕ ГИС

К 2009 году у специалистов накопилось достаточно опыта, был внимательно проанализирован зарубежный опыт, который к тому времени выкристаллизовался в концепцию EuroRoadS. Многочисленные сложности с применением обычных баз данных для моделирования автомобильных дорог во многих системах привели к пониманию того, что качественный скачок в автоматизации инженерной деятельности (а не только бухгалтерско-инвентаризационной) может быть осуществлен в рамках ГИС автомобильных дорог.

На базе проекта АСУ Росавтодора была предпринята успешная попытка создания одного из элементов ядра АСУ, а именно Прикладной подсистемы ГИС. Изначальная установка предполагала, что ГИС будет лишь средством визуализации информации о сети федеральных дорог на карте, однако отсутствие вмняемой базы данных по федеральным автомобильным дорогам привело к тому, что именно в ГИС была создана внутренняя инфраструктура дорожных данных по образцу EuroRoadS. Первые же работы по наполнению данными этой системы показали, что имеющиеся информационные ресурсы (бумажные паспорта, АБДД «Дорога» и так далее) имеют массу проблем с актуальностью и однозначностью. ГИС-модель же являлась довольно строгой, но гибкой и успешно реализовывала моделирование узких мест, таких как рубленый километр, множество проезжих частей дороги, сложные развязки.

Естественное развитие ситуации с АСУ Росавтодора видится в том, что Прикладная система ГИС должна стать информационным ядром АСУ Росавтодора, нести в себе единую модель и единую базу ►

дорожных данных по федеральным дорогам, быть максимально актуальной и постоянно обновляться по материалам диагностики и исполнительной съемки.

В развитие такого подхода по заказу Федерального дорожного агентства были разработаны два проекта ГОСТ Р (на требования к геоинформационным системам автомобильных дорог и базовую модель дорожных данных) и проект ОДМ по поддержанию такой единой базы дорожных данных в актуальном состоянии.

### ИНФРАСТРУКТУРА ДОРОЖНЫХ ДАННЫХ НА БАЗЕ ГИС

Инфраструктурный подход к интеграции дорожных данных и автоматизированных систем предполагает наличие базовой обменной модели данных, которая расширяется под частные задачи дорожной отрасли.

В качестве основы для имеющихся разработок [Пространственные данные] была взята модель данных EuroRoadS. Среди ключевых требований к универсальной модели данных ГИС автомобильных дорог выделены следующие:

- топологическое представление полос дороги (существует противоречие между моделью осей дорог и полосовым представлением, нерешенное в EuroRoadS);
- метрические требования (двойные системы координат: геоцентрические и пикетажные; частично это решено в EuroRoadS);
- темпоральность (для некоторых задач требуется модель темпоральности как в ArcGIS, основанная на версиях; а в других – только диапазон жизни объекта, как в EuroRoadS);
- масштабируемость по задачам (как в EuroRoadS – атрибуты представляются отдельными сущностями) и по регионам (согласованность данных на границах смежных территорий);
- генерализация в явном виде (широкий спектр решаемых задач

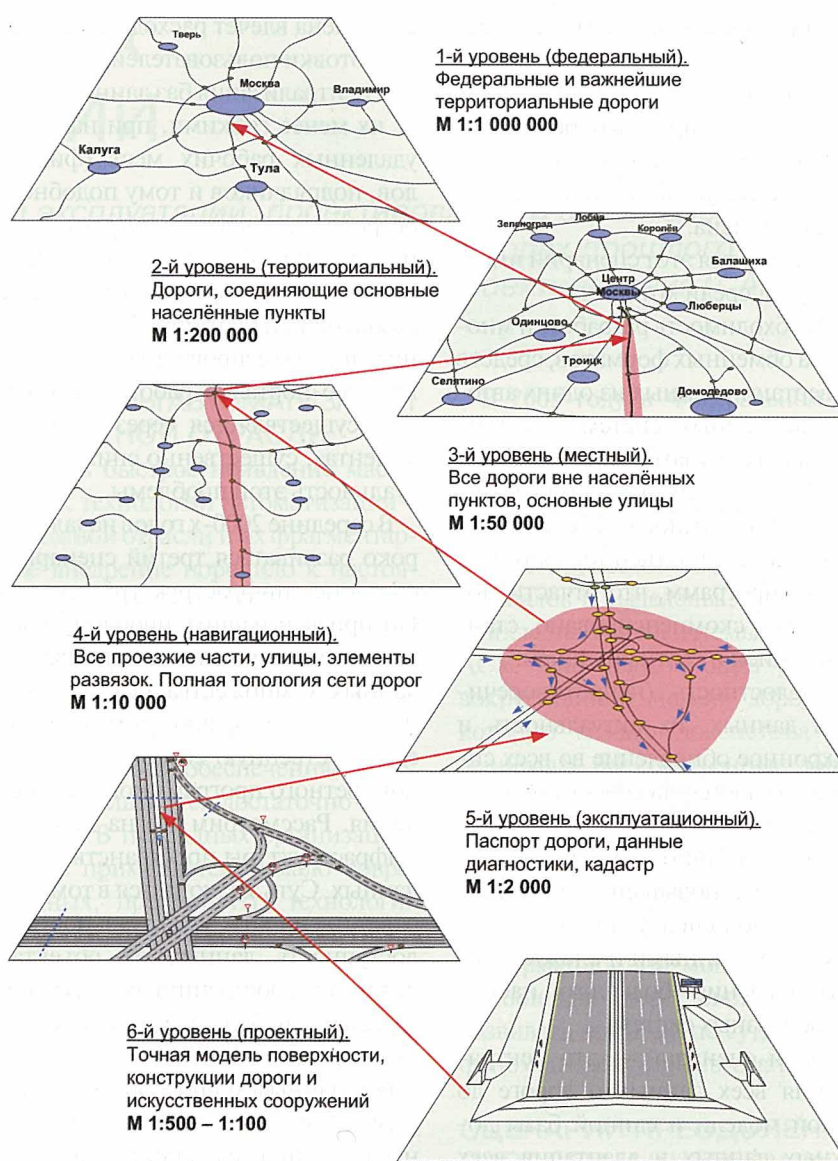


Рис. 1. Уровни детализации модели данных RusRoadS

требует разной степени детальности сети дорог: объекты большей степени детализации должны хранить ссылки вверх на генерализованный объект – см. рис. 1).

Согласованность с иными видами транспорта и смежными отраслями (отработано в моделях данных HDM-4).

Основные технические спецификации моделей данных были представлены в 2013 году. Они базируются на следующих моделях данных:

1. EuroRoadS в качестве каркаса транспортной сети.
2. Модель данных информационной системы автомобильных дорог

IndorRoad в качестве основы паспорта автомобильной дороги.

3. Расширенная модель данных информационной системы искусственных сооружений АИС ИСО в качестве паспортов труб и мостов.

4. Модель автомобильной дороги САПР IndorCAD в качестве трехмерной проектной модели.

В предварительном варианте модель данных инфраструктуры дорожных данных состоит из следующих блоков:

1. Модель версий – набор базовых классов, предназначенных для темпорального представления данных, основанного на механизме версионирования;

2. пространственно-топологическая модель – набор классов для представления геопространственных данных (в частности, объектов дорожной сети) с механизмами генерализации. Пример приведен на рис. 2.

3. Паспорт дороги – набор классов, расширяющих представление пространственно-топологической модели, представляющих основные неизменные (либо редко меняющиеся) параметры дорожных объектов, искусственных сооружений и инженерного обустройства. Классы из этого блока, в частности, реализуют интерфейсы стандарта EuroRoadS; при этом их собственные возможности гораздо шире.

Все дополнительные модели данных, используемые в прикладных задачах дорожной отрасли (изыскания и проектирование, диагностика, управление эксплуатацией, документооборот), оформляются в виде отдельных блоков классов, наследуемых от данных базовых блоков и использующих стандартные классы для доступа к дорожным данным. Такое построение полностью соответствует концепции построения инфраструктуры дорожных данных.

### СОВРЕМЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ГИС

Мы продемонстрируем характерный пример внедрения ГИС и автоматизации инженерных процессов в Государственной компании «Российские автомобильные дороги» и пример внедрения ГИС, начиная с первого момента жизни автомобильной дороги М-1, обход Одиново.

С целью оптимизации принимаемых Государственной компанией инженерных и управленческих решений по автомобильной дороге М-4 «Дон» в 2012 году создана база дорожных данных на основе ГИС-технологий. В рамках этой базы выполнены следующие работы:

- рекогносцировка, аэрофото

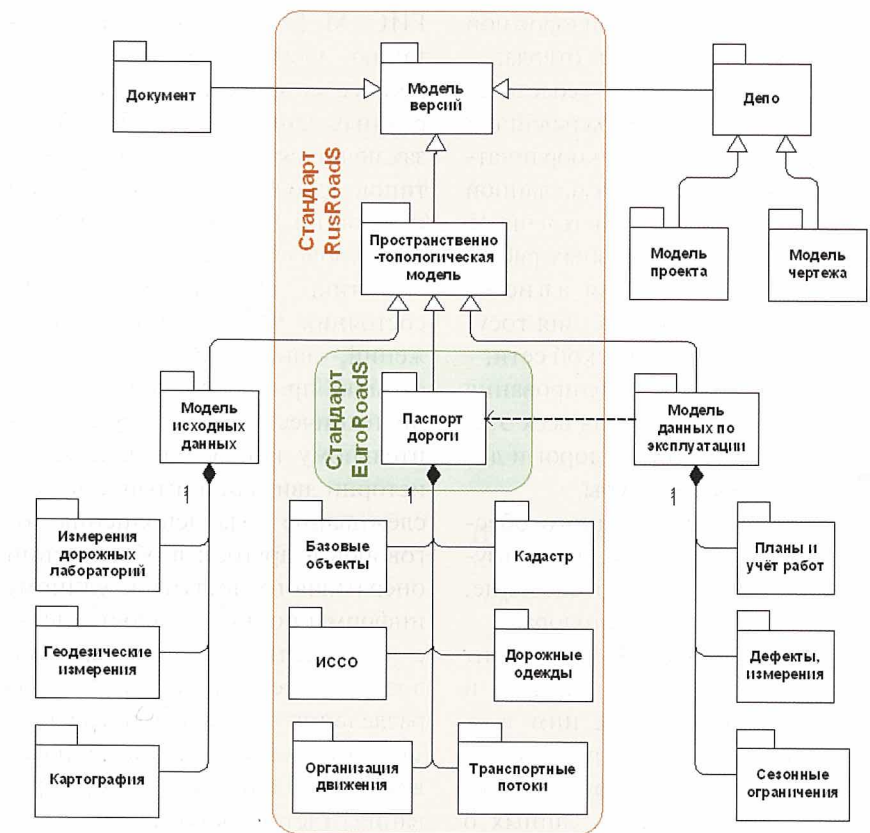


Рис. 2. Блоки стандартной обменной модели автомобильных дорог

съемочные работы, исполнительная топосъемка полосы отвода с применением технологии ГЛОНАСС, создана опорная планово-высотная геодезическая сеть вдоль автомобильной дороги М-4 «Дон», сформирована цифровая модель рельефа в границах придорожной полосы;

- панорамная фото- и видеосъемка автомобильной дороги, обследование и паспортизация искусственных сооружений, измерение интенсивности транспортных потоков в основных узлах автомобильной дороги;

- комплекс кадастровых и земельных работ в придорожной полосе, инвентаризация земельных участков и объектов недвижимости;
- составлен технический паспорт автомобильной дороги М-4 «Дон»;

- сформирована база дорожных данных ГИС М-4, включающая результаты полевых и камеральных работ, а также данные обследований предыдущих лет, результаты диагностики, инвентаризации, зе-

мельных работ, сведения об интенсивности, ДТП, объектах сервиса, дорожных работах, гарантийные паспорта.

Геоинформационная система установлена в Госкомпании «Автомобильные дороги», а также в ее территориальных подразделениях в городах Воронеж, Ростов-на-Дону и Краснодар (рис. 1).

Эта работа направлена на решение ряда практических задач, стоящих перед специалистами государственной компании:

- создание единой картографической основы и использование единой системы координат для технического учета дорог, разработки проектов, кадастровых планов и для территориальной привязки различных дорожных объектов;

- учет изменений эксплуатационных показателей дороги при вводе участков нового строительства, устройстве примыканий, а также выбор различных вариантов прохождения трассы при проектировании;

- решение проблем размещения ▶

объектов сервиса и придорожной инфраструктуры в полосе отвода;

- создание опорной геодезической сети, которая в дальнейшем будет использована для координатной привязки всех работ на данной автомобильной дороге, в том числе проектных и строительных работ, ввиду плохого состояния, а в некоторых районах — отсутствия государственной геодезической сети;

- устранение дублирования изыскательских работ на всех этапах жизненного цикла дорог и дорожной инфраструктуры.

В качестве программного обеспечения базы данных используется программное обеспечение, идентичное ГИС Росавтодора.

Таким образом, ГИС хранит все типы дорожных данных и обеспечивает доступ к ним всех структурных подразделений госкомпании «Автодор», получение непротиворечивых данных о земельных участках полосы отвода и придорожной полосы автомобильной дороги, а также данных, необходимых для формирования технических паспортов автомобильных дорог для целей государственной регистрации прав. Предусматривается ежесуточный обмен данными (репликация) между серверами.

В соответствии с договором на автомобильной дороге М-4 развернута система для управления инженерными данными в течение всего жизненного цикла. В настоящее время унифицированы координатная система, форматы сбора и хранения данных, система наполнена актуальными данными.

Развернутое программное обеспечение ГИС позволяет выполнять базовые информационно-запросные и аналитические операции. Информация в базе данных хранится в стандартных форматах, а сама ГИС предоставляет открытый интерфейс для доступа к данным и создания дополнительных прикладных модулей.

После передачи базы данных

ГИС М-4 в опытную эксплуатацию предусматривается дальнейшее сопровождение базы дорожных данных. Эта работа будет заключаться в актуализации всех типов дорожных данных (данные изысканий и проектирования, кадастровые данные, данные диагностики дорог и технического состояния искусственных сооружений, данные исполнительных съемок при выполнении работ по техническому надзору и строительному контролю, данные по истории движения имущества, отслеживание хода исполнения договоров и другое); в обеспечении оперативного доступа к единому информационному пространству с регламентированными правами доступа всех структурных подразделений заказчика и своевременном предоставлении непротиворечивых данных для формирования отчетов, включая:

- технический анализ состояния автомобильных дорог, уровня безопасности дорожного движения, целевых показателей программы деятельности государственной компании;

- состояние недвижимого имущества, в том числе земельных участков в рамках заключаемых договоров аренды, субаренды, соглашений о сервитутах, иных договоров;

- учет и регистрацию недвижимого имущества, в том числе земельных участков;

- оперативную, достоверную и полную информацию о недвижимом имуществе, в том числе земельных участках;

- подготовку презентационных материалов.

### М-1. ОБХОД Г. ОДИНЦОВО

На первом этапе выполнения контракта по созданию ГИС «Обход г. Одинцово» дорога фактически не существовала, шел процесс строительства. В качестве исходных данных использовались чертежи в формате DWG, создан-

ные в системе координат МГТТ (московская городская система координат, разработанная ГУП «Мосгоргеотрест»), которая используется и справедлива на территории Москвы и некоторых участках Московской области. Для создания моделей дорожных объектов координаты проекта были пересчитаны в систему координат WGS 84, которая является открытой и широко используется в GPS и ГЛОНАСС-навигации на территории всей земли.

Проект автомобильной дороги «Обход г. Одинцово» выполнялся различными организациями, но проектирование большей части основного направления выполняло ООО «Промос», чертежи которого и были приняты за основу. Исходные файлы DWG были тщательно проанализированы и изучены. Слои, не соответствовавшие дорожным объектам (различные рамки, выноски, подписи и тому подобное), были отключены. Это позволило разгрузить чертежи и упростить процесс оцифровки.

Все объекты дорожной инфраструктуры, нанесенные на чертеж проекта (рис. 2), а также полученные из других документов (различных ведомостей, планов), были перенесены в ГИС IndorRoad и составили модель автомобильной дороги «Обход г. Одинцово». По окончании ввода данных было произведено внедрение на стороне заказчика — ОАО «Главная дорога» — путем установки и настройки серверной части с развертыванием подготовленной базы данных, содержащей данные ГИС. Установлены и настроены рабочие места сотрудников, и проведено обучение работе с системой.

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГИС С ИНЫМИ ПРОГРАММАМИ

ГИС IndorRoad является одной из основных подсистем, входящих в автоматизированный комплекс управления платной дорогой М-1 (АКУПД М-1), разработанный в

рамках проекта «Обход г. Одинцово». Параллельно с процессом создания ГИС осуществлялась интеграция ГИС IndorRoad с другими подсистемами АКУПД. В связи с этим в IndorRoad были реализованы модели дополнительных типов объектов, являющихся элементами автоматизированной системы управления дорожным движением, которые ранее не были описаны в паспорте дороги, регламентированном в документе ВСН 1-83. К таким объектам относятся различные видеокамеры, датчики движения, метеостанции и другое оборудование.

Было реализовано программное взаимодействие с автоматизированной системой управления технической документацией, разрабатываемой компанией «Интермех» (г. Минск). Для возможности разработки программной прослойки между системами ГИС и АСУТД получена демонстрационная версия программного обеспечения IPS Search (АСУТД). Согласно техническому заданию разработан механизм создания ссылок из объектов дорожной инфраструктуры ГИС на документы, хранящиеся в АСУТД. Это было необходимо для того, чтобы избежать дублирования документов, так как ГИС позволяет хранить любые документы в своей базе данных.

### ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ

Полученный от заказчика чертеж был «плоским», то есть в нем отсутствовали данные высотных отметок. Этот факт не позволял получить из чертежа информацию о виде продольного и поперечных профилей дороги. Сформировать 3D-модель дороги по такому чертежу также не представлялось возможным. Для решения описанных проблем было проведено совещание с компанией «Промос» — основной проектной организацией данного проекта.

На совещании были продемон-

стрированы возможности ГИС IndorRoad, обозначены важность и удобство хранения информации о профилях именно в ГИС, а не в проектной документации, как изначально предлагали сотрудники «Промоса». Для автоматического построения продольного и поперечных профилей ГИС IndorRoad предъявляет определенные требования к исходным чертежам дороги — они были озвучены на совещании. Проектировщики взяли на себя подготовку требуемых чертежей на основе данных проекта, разработанного в программном комплексе «Топоматик Robur». Чертежи в формате DWG должны были содержать триангуляционную модель поверхности с явно выделенными структурными линиями: кромками, бровками, низом земляного полотна и кромками проезжей части для каждого направления (прямого и обратного). Результатом обработки данных, полученных из этих чертежей, стали 3D-модель автомобильной дороги «Обход г. Одинцово», продольный профиль и поперечные профили с интервалом через каждые 20 метров. Эти данные в совокупности с планом автомобильной дороги позволяют пользователю-дорожнику увидеть максимально полную и целостную картину устройства и состояния дороги на любом ее участке. Это способствует улучшению качества инженерных решений в вопросах эксплуатации и повышения безопасности дорожного движения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ситуация с перетягиванием каната между производителями современных, достаточно совершенных систем автоматизации, каждый из которых претендует на то, что его система должна стать основной в отрасли, на данный момент неприемлема. Никто не в состоянии качественно решить 90% прикладных задач и увязать все в едином комплексе. Поэто-

му с точки зрения отрасли стратегическим направлением должно стать формирование нормативной базы и стандартов для интеграции систем: САПР, ГИС, САУ ДСТ и других, применяемых в дорожном хозяйстве.

Важным должно стать понимание того, что информация о дороге не сводится к набору документов и чертежей — это должен быть набор связанных, непротиворечивых моделей, которые развиваются и не исчезают при переходе от одной стадии жизни дороги к другой. ●

### Литература

1. Скворцов А.В. Разработка инфраструктуры дорожных данных / А.В. Скворцов, Д.С. Сарычев // Дорожная держава. — 2009. — № 22. — С. 29–31
2. Сарычев Д.С. ГИС, САПР и БД // Автомобильные дороги. — 2009. — № 1 — С. 54–57.
3. Бойков В.Н. О километровых столбах и протяженности автомобильных дорог // Дорожная держава. — 2009. — № 22. — С. 25–27.
4. Скворцов А.В. Пилотный ГИС-проект: концепция, технологии, результаты / А.В. Скворцов, Д.С. Сарычев // Дорожная держава. — 2010. — № 28. — С. 18–21.
5. Бойков В.Н. Проблемы кадастра недвижимости федеральных автомобильных дорог / В.Н. Бойков, А.В. Скворцов, Д.С. Сарычев, В.Г. Филиппов // Мир дорог. — 2011. — № 57. — С. 22–25.
6. Сарычев Д.С. Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ / Д.С. Сарычев, А.В. Скворцов // САПР и ГИС автомобильных дорог. — 2014. — № 2. С. 98–102.
7. Сарычев Д.С. Проект дорожной методики по сбору, хранению и обновлению данных ГИС // САПР и ГИС автомобильных дорог. — 2014. — № 2. С. 103–109.
8. Шамраев Л.Г. Совершенствование ГИС автомобильной дороги М-4 «Дон» Государственной компании «Автодор» / Л.Г. Шамраев, А.Н. Лигоцкий // САПР и ГИС автомобильных дорог. — 2013. — № 1. С. 64–66.
9. Баранник С.В. Создание ГИС автомобильной дороги «Обход г. Одинцово» / С.В. Баранник, Д.С. Блинов // САПР и ГИС автомобильных дорог. — 2014. — № 1. С. 70–73.