

# САПРИГИС

№1 (2) 2014 г.

автомобильных дорог



тема номера:

Жизненный цикл  
автомобильных дорог

ISSN / Код HЭБ 2310-4376



9 772310 437005





# IndorCAD/Road Maximal

Система автоматизированного проектирования  
автомобильных дорог

- обработка изысканий
- построение цифровой модели местности
- подготовка топопланов
- проектирование строительства, реконструкций, ремонтов
- проектирование загородных дорог и городских улиц
- расчёт дорожных одежд
- автоматизированное проектирование виражей, примыканий, профилей, инженерного обустройства
- построение картограмм фрезерования и выравнивания
- вычисление объёмов
- объёмная визуализация
- подготовка чертежей и ведомостей



## IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог



Бойков В.Н.,  
д.т.н., профессор МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва),  
председатель совета директоров  
группы компаний «Индор»

В предыдущем номере журнала в своей статье [1] я затронул вопрос применимости BIM-технологии в сфере дорожного хозяйства и обещал продолжить эту тему в последующих публикациях. Эта тема оказалась весьма «разогретой» и вызвала широкую дискуссию, как в среде специалистов группы компаний «Индор», так и в нашем профессиональном сообществе в целом. Результат этой дискуссии вылился в ряд статей [2, 3, 4], представленных в этом номере журнала и, предчувствую, это только начало большого пути к повышению эффективности применения IT-технологий в дорожном деле.

Многие позиции, изложенные в данной статье, перекликаются с теми, что приведены в других публикациях. Но с позиции главного редактора мне даже интересно — надеюсь, и не мне одному — следить за всеми красками этой дискуссии. Ведь каждый специалист видит этот процесс, исходя из собственного опыта и знаний, а также из той роли, которую он сам в нём играет.

Есть ещё одна существенная причина, по которой тема BIM требует внимательного рассмотрения, это то, что BIM-технология и связанная с ней парадигма информационного моделирования объектов капитального строительства уже обсуждаются на уровне законодательной и исполнительной власти. Власть, следуя поло-

жительному примеру зарубежного опыта, готова рассматривать BIM как фактор существенного повышения эффективности в сфере градостроительной деятельности. Форма, содержание и прогнозируемые результаты этих, уже состоявшихся, обсуждений изложены ниже.

5 февраля 2014 г. состоялось заседание Консультативного совета по рациональному и безопасному недропользованию в ТЭК при председателе Комитета Государственной Думы Российской Федерации по энергетике. Тема заседания — «Разработка национального плана мероприятий по внедрению инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства». На заседание, помимо организаций, связанных с энергетическим комплексом страны, были также приглашены представители автодорожной (ГК «Автодор») и железнодорожной (ОАО «РЖД») отраслей (фото 1). Я присутствовал и участвовал в дискуссии как член Научно-технического совета ГК «Автодор». Доклады были высокого профессионального уровня и смысл их сводился к тому, что необходимо на государственном уровне решать вопрос всестороннего внедрения BIM-технологии для всех объектов капитального строительства (ОКС), проектирование которых регламентировано Градостроительным кодексом.

Однако развернувшаяся дискуссия показала, что не всё так однозначно в этом вопросе. Сам термин BIM (Building Information Modeling — информационное моделирование зданий) несёт в себе узкий смысл. Создаётся впечатление, что как сам термин, так и вся BIM-технология применимы лишь для отдельных зданий. А что касается линейно-протяжённых объектов, таких как дороги (автомобильные и железные), то их специфика проектирования существенно отличается от проектирования площадных ОКС, и здесь простой перенос правил информационного моделирования зданий на дороги вряд ли уместен. Такую точку зрения консолидировано и доказательно аргументировали представители ГК «Автодор» и ОАО «РЖД».

Организаторы заседания согласились, что термин BIM трактуется узко, и специалистами подыскивается более удачное и расширенное его толкование. А может быть, существующее толкование является правильным, и BIM-технология на сегодня разработана лишь для проектирования отдельных зданий? Трудно представить, что правила информационного моделирования могут быть едиными для отдельного здания и транспортной магистрали, жилого микрорайона и завода с его уникальной инженерной и технологической инфраструктурой.



Фото 1. Заседание по BIM в Государственной Думе Российской Федерации 5 февраля 2014 г.

продолжение на стр. 6



## САПР и ГИС автомобильных дорог

АДРЕС РЕДАКЦИИ  
634003, г. Томск, пер. Школьный, д. 6, стр. 3  
Телефон/факс: **+7 (3822) 651-386**  
Электронная почта: **red@indorsoft.ru**

РЕГИСТРАЦИЯ ЖУРНАЛА  
**ISSN 2310-4376**  
Версия: **для печати**  
Номер свидетельства:  
**ПИ № ФС 77-53497**  
Наименование СМИ:  
**САПР и ГИС автомобильных дорог**  
Дата регистрации: **04.04.2013**  
Форма распространения:  
**печатное СМИ: журнал**  
Территория распространения:  
**Российская Федерация,  
зарубежные страны**  
Издатель: **ООО «ИндорСофт»**  
Учредитель: **ООО «ИндорСофт»**  
Версия журнала в интернете:  
**cadgis.ru**  
**eLIBRARY.ru**

**Журнал зарегистрирован  
в системе РИНЦ**

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
**Бойков Владимир Николаевич**

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР  
**Скворцов Алексей Владимирович**

ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР  
**Дмитриенко Виктор Евгеньевич**

КОРРЕКТОРЫ  
**Кривых Ирина Викторовна**  
**Рукавишникова Елена Евгеньевна**  
**Князюк Елизавета Михайловна**  
**Райкова Лидия Сергеевна**

ДИЗАЙН И ВЁРСТКА  
**Патов Евгений Валерьевич**

ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ  
**Кузнецова Анна Петровна**

Любая перепечатка без письменного  
согласия правообладателя запрещена.  
Иное использование статей,  
опубликованных в журнале, возможно  
только со ссылкой на правообладателя.  
Тираж — 3 000 экз. Формат 210×297

- 1** ИТ-технологии в поддержке жизненного  
цикла дорог  
Бойков В.Н.
- 8** BIM для дорожной отрасли: что-то новое  
или мы этим уже занимаемся?  
Скворцов А.В.
- 12** Применение лазерного сканирования  
и 3D-моделей в жизненном цикле  
автомобильных дорог  
Мотуз В.О., Сарычев Д.С.
- 16** Обработка данных лазерного  
сканирования  
Сарычев Д.С.
- 20** 3D-визуализация как современная  
технология повышения качества  
проектных решений  
Райкова Л.С., Анисимов С.С., Петренко Д.А.
- 25** Сравнительное испытание  
программного обеспечения для расчёта  
конструкций дорожных одежд  
Неретин А.А., Рукавишникова Е.Е.
- 31** Анализ основных направлений развития  
САПР автомобильных дорог для  
реализации концепции жизненного  
цикла автомобильных дорог  
Миронюк В.П., Фиалкин В.В.
- 36** Проектирование транспортных развязок  
в IndorCAD  
Кривых И.В., Мирза Н.С.
- 42** Комплексный подход к решению задач  
водоотведения в IndorCAD  
Петренко Д.А., Андрющенко Д.П., Шаймарданов М.Ш.
- 46** Автоматизированная аэрофотосъёмка  
с помощью программно-аппаратного  
комплекса «GeoScan-PhotoScan»  
Иноземцев Д.П.
- 52** Цифровая камера как практический  
геодезический инструмент: проблемы  
и решения  
Джарроуш Д.



- 57** Методические и организационные аспекты сопряжения САПР со сметно-экономическими системами  
Воронин И.А., Изатов В.А.
- 61** Система подготовки чертежей IndorDraw в применении к задачам дорожного хозяйства  
Медведев В.И., Рукавишникова Е.Е., Скворцов А.В.
- 66** Кольцевые пересечения в двух уровнях. Инструменты проектирования есть, а правил выполнения нет  
Елугачев П.А., Елугачев М.А., Байгулов А.Н.
- 70** Создание ГИС автомобильной дороги «Обход г. Одинцово»  
Баранник С.В., Блинов Д.С.
- 74** Анализ дорожно-транспортных происшествий с использованием ГИС IndorRoad  
Бойков В.Н., Субботин С.А.
- 77** «Росдортех», «Индорсофт» и наука. Кооперация — источник инноваций  
Багдасарян А.А., Пантелиди Н.С., Бакаев В.А.
- 82** Поддержка темпоральности в ГИС автомобильных дорог IndorRoad  
Скачкова А.С., Субботин С.А., Скворцов А.В.
- 87** Использование различных стандартов при описании дорожных данных в программных продуктах «ИндорСофт»  
Кривопапов А.Д., Скворцов А.В., Петренко Д.А.
- 90** Концептуальная модель функционирования системы ВАДС как основа компьютерной имитации  
Ерёмин В.Н.
- 95** С чего начинается Родина? С трассы в САПР АД  
Персона номера — Федотов Г.А.  
Интервьюировал Бойков В.Н.
- 99** История дорожных знаков  
Кузнецова А.П.



# Конкурс проектов IndorCAD: объявляем победителей

*Ежегодный конкурс проектов, выполненных в IndorCAD до марта 2014 года, завершён. Многообразие представленных проектов вызвало у членов жюри горячие дебаты. Среди присланных работ есть и масштабные проекты многокилометровых горных улиц, и длинные карьерные серпантины, и небольшие проекты ремонтов городских дорог, и проекты с множеством двухуровневых развязок, и необычные работы, например проект расчистки русла реки. При такой разнонаправленности определить победителей было непросто.*

Жюри анализировало сложность решаемых проектировщиками задач, изучало проработанность и качество исполнения проектов, оценивало мастерство и виртуозность владения инструментами IndorCAD. Эти критерии стали решающими в определении лучших работ. И сейчас мы, наконец, узнаем имена авторов этих проектов.

## **1 место** **Бреусов Сергей** **Леонидович,** **г. Томск**

Нам был представлен проект капитального ремонта автомобильной дороги регионального значения (12 км). В настоящее время проект проходит экспертизу, и нет сомнений, что в скором будущем он будет одобрен и запущен в реализацию.

При проектировании продольного профиля применён сплайновый метод. Сформированы четыре типа поперечного профиля. Подготовлены три варианта конструкции дорожной одежды (два варианта уширения и один вариант усиления). Дополнительно выполнена вертикальная планировка пересечений и примыканий. Инженерное обустройство выполнено на весь объект.

Бесспорно, это лучший проект среди присланных на конкурс. За мастерство использования инструментов IndorCAD автор достоин самых горячих похвал. Приз за первое место — смартфон iPhone 5S — достаётся Вам!

## **2 место** **Уразбеков Салават** **Мадиевич,** **г. Астана**

Проект реконструкции автомобильной дороги «Астана–Караганда» включает в себя участок длиной в 78 км. Здесь есть четыре моста через реки и семь транспортных развязок.

«Развязка проектировалась в стеснённых условиях, — поясняет автор проекта Салават Мадиевич, — участок проходит рядом с населённым пунктом и граничит с земельными участками фермеров и действующими АЗС, поэтому границы отвода изначально были заданы. Нам удалось сохранить все существующие АЗС и старый путепровод, который используется как второстепенная дорога».

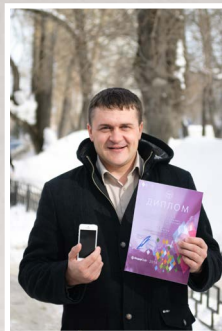
Впечатляет не только сложность задачи, но и смелость казахских пользователей, не побоявшихся использовать для этого проекта бета-версию IndorCAD 9. Благодарим Вас за кропотливую работу и доверие к разработчикам системы. Планшет iPad Mini совсем скоро окажется в Ваших руках!

## **3 место** **Группа Дениса** **Владимировича** **Круковского, г. Алматы**

На конкурс было предоставлено две работы — новая подъездная (небольшая) дорога и проект новой 28-километровой дороги в горной местности. Как поясняют конкурсанты, IndorCAD







*Бреусов Сергей  
Леонидович,  
г. Томск*



в своей работе они применяют впервые. Почему же тогда жюри решило присудить им третье место?

Проектируемая автодорога проходит по долине реки в горной местности (склон хребта Сарыджаз, один из отрогов Терской Алатау, Тянь-Шань). Максимальные отметки местности в районе производства работ — от 2000 до 3000 метров над уровнем моря. Рельеф — живописнейший! От выполненной в IndorCAD цифровой модели местности глаз не оторвать. Фотоаппарат Sony Alpha NEX-F3 — отличный подарок за красоту!

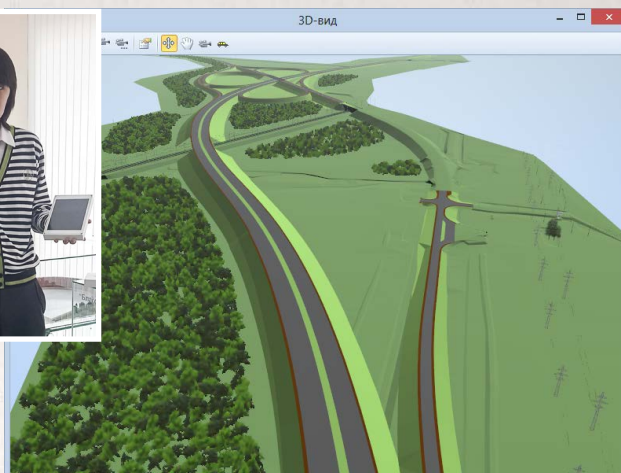
### Лучший студенческий проект **Иван Самсонов, ТГАСУ,** **г. Томск**

Мы впервые поощряем студентов отдельно и очень рады, что полученные нами работы оказались на высоком уровне. Судите сами — перед вами дипломный проект студента пятого курса. Это двухуровневая транспортная развязка, в основе которой распределительное кольцо с пятью путепроводами. Вузы выпускают настоящих профессионалов, и компания «ИндорСофт» готова их в этом поддерживать. Наш приз — наушники Sennheiser HD 280 pro — приятная награда, а диплом победителя — весомый вклад в портфолио молодого специалиста.

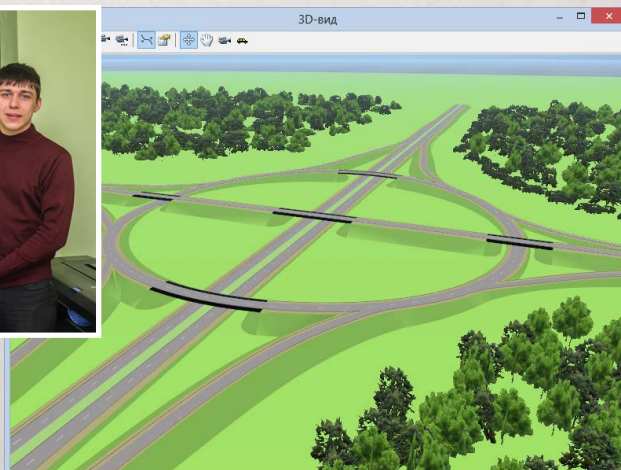
Всем участникам — большое спасибо за ваши проекты. Ждём новых работ, ведь через год конкурс повторится.



*Уразбеков  
Салават  
Мадиевич,  
г. Астана*



*Иван Самсонов,  
ТГАСУ, г. Томск*



# IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог

Бойков В.Н., д.т.н., профессор МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва), председатель совета директоров группы компаний «Индор»

*Обсуждается роль и место IT-технологий в проектировании дорог и управлении дорожным хозяйством. Уделено внимание широко обсуждаемым возможностям BIM-технологии в процессах повышения эффективности градостроительной деятельности и, в частности, возможности применения BIM в дорожной отрасли. Оценка текущей ситуации рассматривается на примере деятельности ГК «Автодор», где наиболее активно идёт дискуссия о роли и месте IT-технологий в профессиональной деятельности и осуществляется широкая апробация применимости тех или иных подходов. В заключение даётся прогноз развития этого процесса в сфере дорожного хозяйства на ближайшую перспективу.*

## ☉ Начало на стр. 1

Тем не менее, все участники заседания, в том числе и дорожники, согласились, что двигаться в этом направлении надо, и приняли ряд решений, наиболее важными из которых являются следующие:

1. В настоящее время мировая строительная отрасль проходит через процесс фундаментальной трансформации. Имеет место переход от традиционных методов проектирования с подготовкой и последующим применением проектной документации к применению технологий информационного моделирования зданий и сооружений. Это даёт возможность формировать проектную, сметную и исполнительную документацию как единый информационный ресурс объекта на всём протяжении его жизненного цикла, включая стадии эксплуатации и вывода из эксплуатации.

2. Заслушав и обсудив выступления представителей гидроэнергетики, горной индустрии, дорожной отрасли, гражданского строительства, независимой экспертизы, инженерных изысканий, участники заседания пришли к выводу о необходимости развития информационных моделей как неотъемлемой части процессов инвестирования, проектирования, строительства и эксплуатации промышленных и гражданских объектов капитального строительства.

3. Внедрение технологий информационного моделирования зданий и сооружений является комплексной проблемой, поэтому с учётом зарубежного опыта представляется целесообразным разработать и реализовать «Национальный план мероприятий по внедрению современных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла (проектирование, строительство и безопас-

ная эксплуатация) объектов капитального строительства».

Ровно через месяц (4 марта) состоялось заседание президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России. На заседании рассматривались вопросы инновационного развития в сфере строительства. Было принято в том числе и решение по обсуждаемой нами теме:

«12. Минстрою России (М.А. Меню), Росстандарту (Г.И. Элькину) совместно с Экспертным советом при Правительстве Российской Федерации и институтами развития разработать и утвердить план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства, включающий предоставление возможности проведения экспертизы проектной документации, подготовленной с использованием таких технологий».

Это решение, безусловно, переводит наши размышления в сферу практических действий. Другое дело — надо осознавать, что путь тернист и долог.

## О BIM'е — «чёрном ухе» и RIM'е — «вечном городе»

В сфере IT-технологий BIM предшествовала концепция PLM (Product Lifecycle Management — управление жизненным циклом изделий), которая была сформулирована компанией Dassault Systems в 1998 году, и которой сегодня активно пользуется практически вся индустрия машиностроительного САПР, включая авиа- и автомобилестроение. Термин BIM, как и сама технология, активно

вошёл в обиход и стал элементом государственного регулирования после 2002 г. Возникает вопрос: почему PLM не вызвала такого внимания государства, как BIM? Логически это можно объяснить так: машиностроение является прерогативой крупных корпораций. Концепции и технологии, которые создаются для всё более эффективного производства продукции, всё-таки являются внутренней потребностью самих корпораций. Другое дело — обеспечение населения жильем. Да, это социальная функция государства. Поэтому оно и должно заботиться, чтобы эта функция реализовывалась как можно более эффективно.

Посмотрим, в чём суть BIM? Основные принципы информационного моделирования зданий были сформулированы в 1986 году англичанином Робертом Эйшем, базовыми среди них являются [5]:

1. Трёхмерное моделирование.
2. Автоматическое получение чертежей.
3. Интеллектуальная параметризация объектов.
4. Соответствующие объектам наборы проектных данных.
5. Распределение процесса строительства по временным этапам.

Если соотнести эти принципы с возможностями современных САПР автомобильных дорог, то можно сказать, что первые 4 позиции в той или иной мере этими САПР уже реализуются. Позиция 5 — это поддержка информационной модели дороги в процессе строительства, но не столько посредством САПР-инструментария, сколько ГИС-технологиями. И на то есть свои объяснения, которые отчасти изложены в статье проф. Скворцова А. В. [2].





Рис. 2. Информационные модели в жизненном цикле дорог в контексте скоростного проектирования ремонтов автомобильных дорог с помощью лазерного сканирования

В то же время в перечне принципов Роберта Эйша отсутствует этап эксплуатации. Если же говорить о дорогах, то этот этап в денежном выражении «проедает» 80–90% бюджета всего жизненного цикла. Дорога — это перманентная череда ремонтов, реконструкций, строительства отдельных участков практически без остановки её функционирования. Как обеспечить IT-поддержку жизненного цикла дорог? Наш опыт показывает: САПР + ГИС. Изучение зарубежного опыта подтверждает это. Так, например, международный консорциум buildingSMART, отвечающий за разработку форматов OpenBIM, планирует реализовывать BIM-стандарт инфраструктуры на основе ГИС. И в этом контексте BIM для дорог — не совсем тот же BIM, что для зданий. Возможно, что это будет вовсе и не BIM, а RIM (Road Information Modeling — информационное моделирование дороги). Вопрос терминологии — не последний на пути познания истины: как корабль назовёшь, так он и поплывет.

Что происходит в текущей дорожной практике?

Если анализировать состояние дел по обсуждаемой теме в дорожной отрасли, то наиболее полно эта тема дискутируется и реализуется в ГК «Автодор». На то есть ряд при-

чин: ГК «Автодор» строит и эксплуатирует наиболее современные и значимые магистрали РФ; деятельность «Автодора» изначально была ориентирована на инновационное развитие, в том числе, в информационной сфере; «Автодор» стал пионером в сфере реализации контрактов жизненного цикла (КЖЦ), которые по своей природе наилучшим образом ориентированы на поддержку информационных моделей дорог в процессе их жизненного цикла.

На сегодня реализованы ГИС-проекты ряда дорог, находящихся в доверительном управлении Госкомпании. Проходят пилотную стадию проекты ремонтов дорог на основе результатов мобильного лазерного сканирования. Технология лазерного сканирования здесь рассматривается в качестве универсальной технологии формирования трёхмерных САПР- и ГИС-моделей дорог (рис. 2). При строительстве, реконструкции и ремонте дорог подрядчиками широко применяются системы автоматизированного управления (САУ) дорожно-строительной техникой, которые в свою очередь опираются на 3D-модель проекта.

В целом можно сказать, что ГК «Автодор» де-факто движется в направлении реализации BIM-технологии на основе САПР и ГИС.

## Послесловие

И всё же: PLM, BIM, RIM? Здесь почему-то возникает желание перефразировать марксистско-ленинский лозунг: «PLM и BIM — близнецы-братья, — кто более матери-истории ценен? Мы говорим BIM, подразумеваем — PLM. Мы говорим PLM, подразумеваем — BIM».

Круг вопросов на заданную тему (BIM), имеющих огромное значение для эволюции IT-технологий в сфере проектирования ОКС, и пока оставшихся по большей части без ответов — настолько широк, что продолжение, безусловно, последует.

Остается только добавить: какие бы эволюционные и инновационные идеи мы не продвигали в вышеизложенном направлении развития, успех возможен только в том случае, если будет обеспечена подготовка (вузовская и послевузовская) специалистов в этой сфере, и, главное, будут создаваться и развиваться соответствующие отечественные программные продукты. Что касается программных продуктов для обеспечения жизненного цикла дорог, то для ООО «ИндорСофт» это и есть его главная миссия, которая была сформулирована и последовательно реализуется на протяжении последних 10 лет. ■

## Литература:

1. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
2. 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.
3. МIRONOK В.П., ФИАЛКИН В.В. Анализ основных направлений развития САПР автомобильных дорог для реализации концепции жизненного цикла автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 31–35.
4. Мотуз В.О., Сарычев Д.С. Применение лазерного сканирования в жизненном цикле автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 12–15.
5. Aish, R. Building Modelling: The Key to Integrated Construction CAD // CIB 5th International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings. 1986. July. Vol. 5. Pp. 7–9.

# BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся?

Скворцов А.В., д.т.н., профессор, ген. директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Рассматривается эволюция автоматизированного проектирования, приведшая к возникновению таких мощных современных концепций управления жизненным циклом изделий и зданий, как PLM и BIM. Показывается сложность применения этих концепций к дорожной отрасли в силу различия в структуре жизненного цикла автомобильной дороги и природе используемых моделей данных. Описывается уже существующий подход на основе технологий ГИС и САПР компании «ИндорСофт», охватывающий проектирование и эксплуатацию автомобильных дорог в течение всего жизненного цикла, и который во многом соответствует заявленным целям будущей концепции «BIM для инфраструктуры», разрабатываемой международным консорциумом buildingSMART.*

## Введение

Последние годы в нашей стране начала активно внедряться технология BIM (Building Information Modeling) для проектирования и строительства зданий. Всплеск интереса к данной технологии во многом связан с активной политикой компании Autodesk в России. Именно благодаря этому при упоминании BIM создается впечатление, что речь идет о программном комплексе Autodesk Building Design Suite, включающем себя AutoCAD, AutoCAD Architecture, Revit и пр.

Более того, общее описание роли и места технологии BIM выглядит очень привлекательным с точки зрения возможности применения и в других отраслях, кроме проектирования зданий, например при проектировании и эксплуатации автомобильных дорог.

Попробуем разобраться, что такое BIM, и может ли эта технология быть применена в дорожном хозяйстве.

## Эволюция автоматизированного проектирования

Изначально проектирование любых объектов выполнялось на бумаге, как правило, в виде проекций этих объектов. Именно поэтому первоначальные попытки автоматизации в 1960–1970-х гг. были направлены в первую очередь на улучшение процесса черчения. Такой вид автоматизации обычно называют 2D-проектированием или CAD (Computer-Aided Drafting). В русском языке соответствующего термина нет.

Следующий этап в развитии проектирования наступил в 1980-е гг., когда возможности компьютеров позволили заниматься построением трехмерных моделей объектов, а соответствующие чертежи стали строиться автоматически как разрезы и проекции. Именно тогда в 3D-моделировании появилась важная идея параметризации объектов, которая в совокупности с технологией твердотельного моделирования позволила резко повысить эффективность проектирования. Класс программных систем, ориентированных на моделирование, а не черчение, также получил название CAD, но уже с другой расшивкой — Computer-Aided Design. В русском языке такие системы называются САПР.

По отраслевому назначению среди САПР обычно выделяют всего три основных вида:

1. MCAD (Mechanical Computer-Aided Design) — машиностроительные САПР;
2. ECAD (Electronic Computer-Aided Design) — радиоэлектронные САПР;
3. CAAD (Computer-Aided Architectural Design) — САПР архитектуры и строительства.

Системы проектирования автомобильных дорог относятся к 3-й категории как объекты капитального строительства. Однако тут следует отметить, что САПР автомобильных дорог и архитектурные САПР используют существенно разные модели данных и принципы проектирования. Во многом САПР зданий похожи на машиностроительные САПР, в то время как САПР дорог тяготеют по моделям данных к геоинформаци-



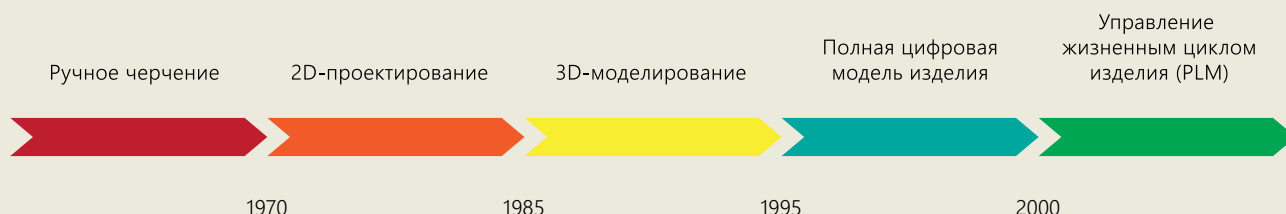


Рис. 1. Эволюция инструментов автоматизации проектирования

онным системам (ГИС). Кстати, и в линейках продуктов многих производителей программного обеспечения наблюдается аналогичное разделение. Например, компания Autodesk имеет продукт Revit, применимый как для машиностроения, так и для зданий. Кроме того, Autodesk имеет совершенно иной продукт AutoCAD Civil 3D, предназначенный для проектирования объектов инфраструктуры, в том числе автомобильных дорог.

Со временем появились различные сопутствующие системы, автоматизирующие инженерные расчёты — CAE (Computer-Aided Engineering), управляющие программы для станков — CAM (Computer-Aided Manufacturing), подготовку технологических процессов — CAPP (Computer-Aided Process Planning), ведомостей, электронные описания изделия и технические руководства. Такое комплексное применение программ классов CAD/CAM/CAE/CAPP позволило сформировать полную цифровую модель изделия.

Следующей предпосылкой к эволюции автоматизированного проектирования стала потребность в работе с неожиданно быстро возникающими огромными массивами цифровой информации об изделиях. Возникли новые классы систем, предназначенные для организации и координации работ инженерного персонала — системы управления данными об изделии (PDM — Product Data Management) и электронные архивы. Всё это в совокупности легло в основу концепции управления изделием в течение всего его жизненного цикла — PLM (Product Lifecycle Management), возникшей в 1985 г. (рис. 1).

В настоящее время концепция PLM получила нормативное закрепление на уровне международных стандартов (семейство ISO 10303, называемое также STEP; в России ему соответствует семейство ГОСТ Р ИСО 10303). Большинство современных ведущих

САПР полноценно поддерживают эти стандарты.

### Автоматизированное проектирование зданий

Вышеописанные технологии и концепции в первую очередь касаются проектирования отдельных изделий в области машиностроения и радиоэлектроники. Развитие САПР для других отраслей породило специализированные технологии. В частности, в области архитектуры появилась технология BIM.

Эта технология берёт начало в 1975 г., когда в научный оборот было введено название Building Description System (система описания здания). Позднее этот термин трансформировался в одновременно употребляемые Building Product Model и Product Information Model.

Первой коммерческой реализацией BIM можно считать концепцию Virtual Building, реализованную компанией Graphisoft в своём продукте ArchiCAD, выпущенном в 1987 г. Примерно с 2002 г. уже сам термин Building Information Model начал широко применяться многими ведущими разработчиками программного обеспечения.

Важным фактором, простимулировавшим широкую поддержку BIM в программных продуктах, стало создание консорциумом buildingSMART модели данных Industry Foundation Classes (IFC) и её последующая стандартизация в виде ISO 16739. В качестве форматов файлов в этой модели чаще всего используется текстовый формат IFC-SPF (расширение IFC), определённый в ISO 10303-21 (STEP-файл). Формат IFC-XML (расширение IFCXML) определён в ISO 10303-28 (STEP-XML), однако реже используется на практике из-за большого размера. Формат IFC-ZIP (расширение IFCZIP) представляет собой файл IFC-SPF, сжатый с помощью ZIP.

В настоящее время на рынке концепцию BIM в том или ином виде реализуют продукты ArchiCAD (Graphisoft, Венгрия), Revit (Autodesk, США), Allplan Architecture (Nemetschek, Германия), Vectorworks (Nemetschek, Германия), VisualARQ (Asuni CAD S.A., Испания), Bentley Building Mechanical Systems (Bentley Systems, США), DDS-CAD (Data Design System, Норвегия), Digital Project (Gehry Technologies, США) и многие другие.

Последняя версия стандарта IFC под номером 4 была выпущена в марте 2013 г. В настоящее время на рынке пока нет продуктов, сертифицированных по IFC4, но имеется примерно 10, сертифицированных по предыдущей версии IFC2x3.

Интересно отметить, что многие программные продукты, реализующие BIM, имеют в линейках продуктов своей фирмы аналогичные решения для машиностроения, которые являются PLM-системами. Более того, зачастую это одна и та же система. В качестве примера можно привести такие программы как Revit (Autodesk), Allplan Engineering (Nemetschek), Vectorworks (Nemetschek), Bentley Building Mechanical Systems (Bentley Systems) и другие.

### Жизненный цикл изделий, зданий и автомобильных дорог

На рис. 2 и 3 изображено представление о жизненном цикле изделия и здания с точки зрения концепций PLM и BIM. Очень важно, что на всех этапах жизненного цикла имеется единая цифровая модель изделия в среде соответствующих CAD и PDM-систем.

А что делать, если модели изделия или здания нет? Можем ли мы применить концепции PLM/BIM к уже существующим объектам, конструкторская документация по которым отсутствует? И вообще, имеет ли это смысл?

В машиностроении и радиоэлектронике такой проблемы, как правило, не возникает в силу того, что владельцу существующего экземпляра изделия важны только эксплуатационные характеристики изделия, а не возможность изготовления другого экземпляра. Концепция PLM предполагает массовый выпуск изделий, и понятие «жизненный цикл» относится не к экземпляру изделия, а к его модели. Поэтому мыслить в категориях жизненного цикла одного изделия смысла нет.

Совершенно иная ситуация в области архитектуры. Здесь уже речь идёт о жизненном цикле одного конкретного здания. Жизненный цикл здания (безотносительно концепции BIM) от стадии планирования до завершения строительства предполагает наличие полной модели и строительной документации. Только стадии содержания и ликвидации могут обходиться без конструкторской модели здания. И вряд ли владелец здания, купив его без документации, решит самостоятельно её восстановить, т.к. такое восстановление сопоставимо по цене с новым проектированием и не несёт в дальнейшем каких-то ощутимых выгод. Поэтому BIM имеет смысл применять только к проектируемым зданиям.

С другой стороны, наличие информации о здании и его инженерной инфраструктуре необходимо для его нормального функционирования. Поэтому в мире существует огромное количество программных продуктов, ориентированных на разработку

и поддержание в актуальном состоянии электронных паспортов зданий и инженерных сетей. Самыми распространёнными являются системы, реализующие поэтажные планы помещений в среде САПР или ГИС. К BIM они не имеют никакого отношения.

А что же с автомобильными дорогами? В настоящее время в нашей стране информация по дорогам (проекты организации дорожного движения, инженерная и рабочая документация, материалы диагностики и паспортизации, материалы земельно-имущественного учёта и пр.) в максимальной полноте представлена в виде бумажных архивов, хранящихся в управлениях автомобильных дорог. Некоторая часть информации представлена в виде электронных паспортов и чертежей. Но практически ни один заказчик сегодня не требует от подрядчиков сдавать полноценные электронные модели дороги (САПР-модели по итогам проектирования или ГИС-модели по результатам исполнительной съёмки, паспортизации или кадастрового учёта).

В PLM/BIM цифровая модель изделия/здания появляется на этапе проектирования, в дорожной же отрасли дорога непрерывно меняется в процессе эксплуатации. В PLM/BIM цифровая модель представляется в формате САПР. Модель автомобильной дороги на стадии проектирования и строительства также представляется в САПР автомобильных дорог, но на стадии эксплуатации информация собирается в базах данных в рамках процедур диагностики, инвентаризации, када-

стра, обследований инженерных сооружений. В рамках современных подходов эта информация интегрируется в составе геоинформационных систем (ГИС) автомобильных дорог.

Таким образом, жизненный цикл автомобильных дорог является более сложным, нежели в архитектуре, а разнородность возникающих моделей (ГИС- и САПР-моделей) всей дороги и её элементов позволяет говорить о более сложных концепциях управления дорогами, нежели BIM в архитектуре.

## BIM для инфраструктуры

Консорциум buildingSMART, разрабатывающий формат обмена данными для BIM, также обозначил бесперспективность применения BIM в чистом виде для автомобильных дорог, впрочем, как и для мостов, тоннелей, железных дорог, трубопроводов, энергетики и прочих инженерных сетей.

Именно поэтому в дорожную карту дальнейшего развития концепции BIM вошёл проект «IFC для инфраструктуры», который должен стать частью будущего стандарта IFC5.

В первую очередь была проведена черта, разделяющая сферы применения BIM и ГИС для инфраструктуры.

В чистую сферу ГИС было отнесено:

- то, что представляется на карте в мелких масштабах;
- то, что задаётся в геодезических координатах;
- модели на поверхности земли;
- топологические сети;
- материалы инженерно-геодезических изысканий;
- то, что представимо в формате GML.

Рис. 2. Жизненный цикл изделия в концепции PLM



Рис. 3. Жизненный цикл здания в концепции BIM





В чистую сферу BIM было отнесено:

- то, что представляется на плане в крупных масштабах;
- то, что задаётся в инженерных координатах;
- объёмные модели;
- высокие сооружения;
- объекты, представимые в виде композиции более простых;
- то, что представимо в формате IFC.

В сферу пересечения BIM и ГИС было отнесено:

- то, что представляется на плане в средних масштабах;
- то, что задаётся в геодезических координатах, либо в проекциях;
- модели на поверхности земли и объёмные;
- осевые линии объектов инфраструктуры;
- продольные и поперечные профили линейно-протяжённых объектов;
- то, что представимо в формате IFC и GML.

Учитывая, что управление инфраструктурой в настоящее время базируется на технологиях ГИС, консорциум buildingSMART заключил соответствующее соглашение с консорциумом Open Geospatial (OGC) с целью взаимного сближения форматов данных. При этом следует заметить, что совместно с OGC будут разработаны самые общие модели данных для управления инфраструктурными данными. Партнёр же для разработки стандартов конкретно для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог по состоянию на начало 2014 г. пока не найден.

Учитывая, что к разработке стандарта BIM для автомобильных дорог по сути ещё не приступили, можно спрогнозировать, что до момента его разработки, принятия и поддержки разработчиками программных продуктов пройдёт ещё много лет.

Более того, среди заявленных целей BIM для инфраструктуры по-прежнему числится проектирование «с нуля», а не эксплуатация уже существующих дорог.

### Линейка продуктов «ИндорСофт» как основа BIM для дорог

Однако всё ли так плохо?

В нашей стране уже более 20 лет ведутся работы по созданию ГИС автомобильных дорог. С 2009 г. в Росавтодоре стартовали работы по созданию ГИС федеральных автомобильных дорог (М-1, М-10, М-53, дороги Центра России). В 2012 г. создана ГИС для управления эксплуатацией автомобильной дороги М-4 Государственной компании «Российские автомобильные дороги». В основе этих решений лежала система IndorRoad компании «ИндорСофт» [1].

Эти ГИС показали успешность применения единой модели автомобильной дороги на основе ГИС [2] для стадии эксплуатации. Но это далеко не весь жизненный цикл дороги.

При создании ГИС строящейся автомобильной дороги «Обход г. Одинцово» [3] система IndorRoad выступила в качестве интегрирующей системы, в которую поступали проектные решения, сформированные на

стадии проектирования, и отслеживался текущий ход строительства.

Учитывая, что компания «ИндорСофт» разрабатывает целый спектр непротиворечивых решений для всех стадий жизненного цикла дороги от проектирования (IndorCAD, IndorPavement) до строительства и эксплуатации, можно сказать, что BIM для автомобильных дорог во многом уже здесь, среди нас, и мы им уже давно пользуемся, просто никогда так его не называли (рис. 4).

При этом отметим, что в силу отличия используемых моделей данных в дорожном хозяйстве от архитектурного проектирования неправильно употреблять термин «BIM для автомобильных дорог». Если идти по аналогии с BIM, то имеет смысл говорить о Road Information Modelling (RIM) или информационном моделировании дорог (ИМД), в основе которого лежит не одна единая САПР-модель дороги, а совокупность разнородных САПР-, ГИС- и иных моделей [4]. ■

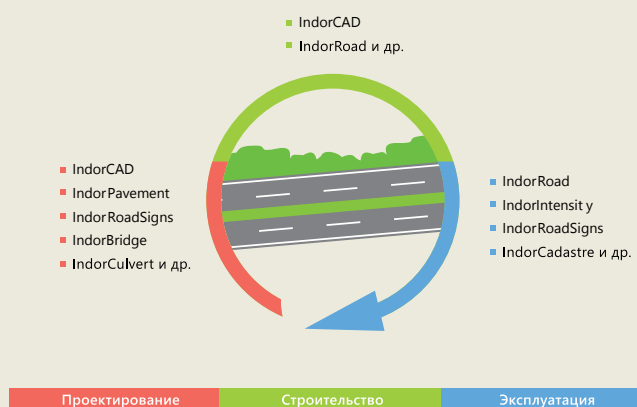
Литература:

1. Субботин С.А., Скачкова А.С. ГИС автомобильных дорог IndorRoad. Новая версия // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 55–59.
2. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 47–54.
3. Баранник С.В., Блинов Д.С. Создание ГИС автомобильной дороги «Обход г. Одинцово» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 70–73.
4. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.

Рис. 4. Жизненный цикл автомобильных дорог



Рис. 5. Поддержка жизненного цикла автомобильных дорог продуктами компании «ИндорСофт»



# Применение лазерного сканирования и 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог

Мотуз В.О., и.о. руководителя КГКУ «Алтайавтодор» (г. Барнаул)  
Сарычев Д.С., директор по развитию ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Рассматривается вопрос применения мобильного лазерного сканирования на различных этапах жизненного цикла автомобильных дорог. Рассматриваются предпосылки применения материалов лазерного сканирования для формирования трёхмерных моделей автомобильных дорог, используемых при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.*

## Введение

В настоящее время тематика применения мобильного лазерного сканирования в дорожной отрасли переживает бурное развитие. Преимущества технологии, позволяющие производить изыскания с высочайшей скоростью, позволяют задуматься о методологии применения материалов лазерного сканирования на разных этапах в течение всего жизненного цикла автомобильных дорог [1–3].

Министерство транспорта Российской Федерации разрабатывает концепцию применения трёхмерного моделирования в течение жизненного цикла автомобильных дорог. Естественным следствием представляется выработка места и роли лазерного сканирования в данном процессе.

## Моделирование автомобильных дорог в течение жизненного цикла

В соответствии с разрабатываемой Минтрансом концепцией 3D-модель должна проходить сквозь все этапы жизненного цикла автомобильной дороги, дополняясь и уточняясь новыми данными.

На рисунке 1 представлены этапы жизненного цикла, процессы в рамках этапов и фазы развития 3D-модели. Рассмотрим эти фазы.

«А». Первичная модель, применяемая на этапах территориального планирования и проекта планировки. Обычно представляет собой ЦММ картографического класса; для проекта планировки

используется более подробная ЦММ, полученная по топографическим планам местности.

«В». Проектная модель. Основная модель, возникающая на этапах проектирования как модель нового объекта дорожной инфраструктуры. По мере выполнения проектно-изыскательских работ происходит её детализация.

«С». Строительная модель. Специальная модель, получаемая на основе проектной, и специфичная для управления строительной техникой.

«Д». Эксплуатационная модель. Модель, которая получается в результате исполнительной съёмки и контроля реализации проектной модели при строительном контроле. Модель отражает реальное состояние нового (или существующего) объекта дорожной инфраструктуры и применяется во всех процессах этапа эксплуатации; при этом происходит её постоянная актуализация (в основном в ходе мониторинга состояния и ведения баз дорожных данных).

В таблице 1 приводятся основные направления применения 3D-моделей автомобильных дорог в процессах этапов жизненного цикла.

## Лазерное сканирование в 3D-моделировании автомобильных дорог

Первым вопросом по применению данной концепции является формирование и обновление трёхмерных моделей автомобильных дорог. В данном случае технология мобильного лазерного

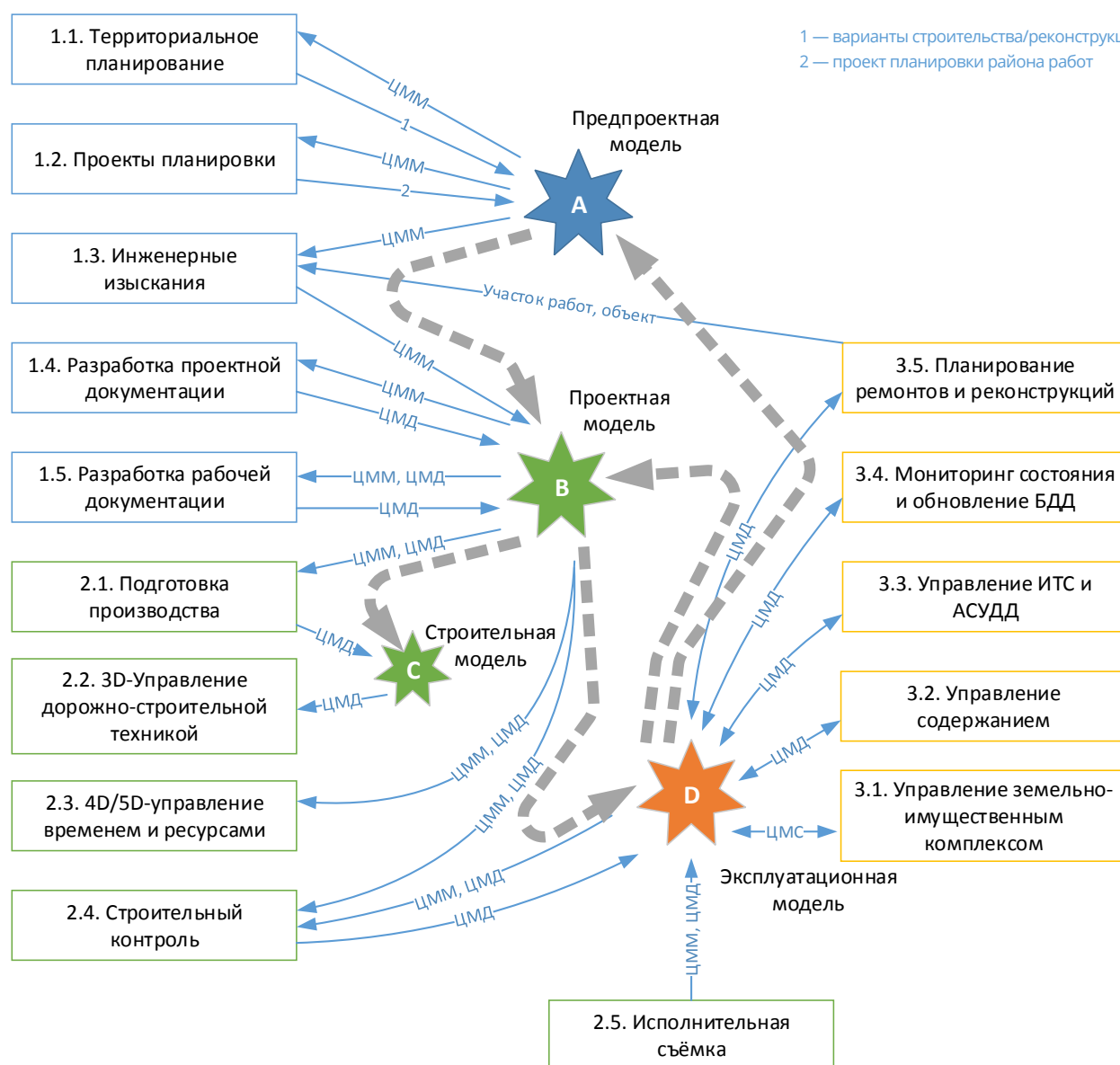


Рис. 1. Фазы развития 3D-модели автомобильных дорог на этапах жизненного цикла

сканирования открывает широкие возможности в этом направлении.

Однако следует учитывать, что в «чистом виде» мобильное лазерное сканирование производит всего лишь облака трёхмерных точек, требующих дальнейшей обработки для получения (или обновления) 3D-моделей автомобильных дорог, пригодных для дальнейшего применения в рамках разрабатываемой концепции.

В таблице 2 приведён перечень работ на этапах жизненного цикла автомобильных дорог, в ходе которых создаются или обновляются 3D-модели объектов дорожной инфраструктуры.

Показано, в каких случаях применение лазерного сканирования является целесообразным.

### Лазерное сканирование при инженерных изысканиях

Инженерные изыскания для проектирования строительства и реконструкции методом мобильного лазерного сканирования особенно эффективны для реконструкции на открытой местности. Это связано с тем, что в этом случае выполнение как полевых работ, так и последующая обработка данных для получения

исходной модели для существующей дороги наиболее эффективны. При новом строительстве зачастую затруднён проезд лазерного сканера по интересующей местности. В закрытой местности существенно ухудшаются условия приёма сигналов ГЛОНАСС/GPS, что негативно сказывается на точности.

Результатом лазерного сканирования для проектов строительства и реконструкции должны становиться не просто облака точек, а исходная 3D-модель местности в виде ЦМР (триангуляционной) и модели существующей дороги в виде трёхмерных структурных линий.



Таблица 1. Применение 3D-моделей в жизненном цикле

Процесс	Описание применения
<b>1. Проектирование</b>	
1.1. Территориальное планирование	Использование существующих мелкомасштабных моделей местности, 3D-моделей городской застройки и инженерной инфраструктуры для повышения качества и обоснованности решений по территориальному планированию.
1.2. Разработка проектов планировки	Использование существующих моделей местности, 3D-моделей городской застройки и инженерной инфраструктуры для повышения качества и обоснованности проектов планировки.
1.3. Инженерные изыскания	Создание исходных детальных 3D-моделей местности и существующей инженерной инфраструктуры.
1.4. Разработка проектной документации	Использование существующих детальных 3D-моделей местности и существующей инженерной инфраструктуры. Создание проектных решений в виде 3D-моделей объектов дорожной инфраструктуры (ОДИ).
1.5. Разработка рабочей документации	Использование всей совокупности 3D-моделей (исходных и вновь создаваемых) для автоматизированного формирования рабочей документации.
<b>2. Строительство</b>	
2.1. Подготовка производства	Использование существующих моделей и проектных решений для проектирования организации строительства.
2.2. Управление дорожно-строительной техникой	Использование существующих моделей и проектных решений для автоматизированного создания рабочих поверхностей, применяемых в системах 3D-управления дорожно-строительной техникой.
2.3. Управление временем и ресурсами	Назначение элементам проектных моделей ресурсных и временных параметров и контроль их использования.
2.4. Строительный контроль	Контроль соответствия геометрических и конструкционных параметров автомобильных дорог их трёхмерной модели.
2.5. Исполнительная съёмка	Создание детальных 3D-моделей автомобильных дорог, прилегающей местности и инженерной инфраструктуры по результатам строительства (реконструкции, ремонта).
<b>3. Эксплуатация</b>	
3.1. Управление земельно-имущественным комплексом	Ведение кадастра (в том числе 3D-кадастра) объектов недвижимости.
3.2. Управление содержанием	Планирование и назначение работ по содержанию на основании состава 3D-моделей объектов дорожной инфраструктуры и информации об их состоянии.
3.3. Управление ИТС и АСУДД	Применение 3D-моделей автомобильных дорог в центрах управления производством для визуализации и контроля работы технологического транспорта.
3.4. Мониторинг состояния и обновление БДД	Актуализация 3D-моделей автомобильных дорог по результатам периодической диагностики (в том числе с применением лазерного сканирования, а также по данным от систем контроля деформаций и смещений, основанных на применении спутниковых навигационных систем ГЛОНАСС/GPS), и обновление банков дорожных данных (БДД), содержащих 3D-модели.
3.5. Планирование ремонтов и реконструкций	Анализ состояния автомобильных дорог как с применением традиционных методик, так и с применением оценок на основе анализа 3D-моделей и их изменения с течением времени.

Таблица 2. Этапы, на которых создаются или обновляются 3D-модели с помощью лазерного сканирования

Наименование процесса жизненного цикла	Задача	Технология	Исходные данные	Результат
1.3. Инженерные изыскания	Получение детальной ЦММ	Лазерное сканирование; САПР	Проект планировки	ЦММ
2.4. Строительный контроль	Контроль соответствия строительно-монтажных работ проекту	Лазерное сканирование	Цифровая модель дороги (ЦМД)	ЦМД
2.5. Исполнительная съёмка	Получение фактической ЦММ и ЦМД	Лазерное сканирование	Объект строительства	ЦММ, ЦМД
3.2. Управление содержанием	Управление процессом содержания ОДИ	ГИС; Лазерное сканирование	ЦМД; системы мониторинга дорожной техники	ЦМД; содержание ОДИ
3.4. Мониторинг состояния и обновление БДД	Поддержка актуальной информации об ОДИ	ГИС; Лазерное сканирование	Системы мониторинга; диагностика; обследования	ЦМД

При проектировании ремонтов лазерное сканирование должно выполняться особо тщательно, с обязательной опорой на контрольные точки. При этом достигается абсолютная точность не хуже 1 см по высоте, что в совокупности с высокой плотностью измерений на верхе земляного полотна позволяет кардинально повысить точность определения объёмов новых слоёв ремонта и фрезерования.

### Лазерное сканирование при строительном контроле

Вопрос применимости технологии лазерного сканирования для строительного контроля остаётся открытым. На текущий момент не существует нормативно-правовой базы для применения лазерного сканирования в строительном контроле. Возможен вариант тотальной съёмки объектов строительства лазерным сканером (которая позволит оперативно и дёшево получить достоверную, но не имеющую правового статуса «карту» соответствия выполненным работ), и в дальнейшем на выявленных некачественных участках проведение стандартной процедуры строительного контроля, уже имеющей правовой статус.

### Лазерное сканирование при исполнительной съёмке

Использование лазерного сканирования при исполнительной съёмке показывает высокую эффективность, так же как и лазерное сканирование при инженерных изысканиях для реконструкции на существующих дорогах. В то же время в результате такой исполнительной съёмки должна получаться 3D-модель автомобильной дороги, которая содержит и элементы проектных изысканий (ЦММ, структурные линии дороги), и все элементы инженерного обустройства (что характерно для этапа лазерного сканирования при обновлении баз дорожных данных и паспортизации).


### Лазерное сканирование при управлении содержанием

Периодическое лазерное сканирование при управлении содержанием может дать хороший эффект для контроля исполнения текущих ремонтов, планирования и контроля выполнения шероховатой поверхностной обработки.

Как и для проектирования ремонтов, плюсы здесь — высокая эффективность, точность объёмов, сравнение поверхностей до и после ремонта. Существенной оговоркой контрольной функции лазерного сканирования при оценке объёмов (как и в строительном контроле) — то, что лазерное сканирование де-юре здесь не истина в последней инстанции, но при сплошной съёмке эффективно выявляет места с нарушениями объёмов работ, которые можно затем «точно» зафиксировать в установленном порядке.

### Лазерное сканирование при паспортизации

Под съёмкой для паспортизации мы понимаем особый вид съёмки, который не требует высочайшей абсолютной точности, но требует охвата всех элементов дороги и придорожной полосы. Материалы такой съёмки могут применяться как собственно для паспортизации, так и для инвентаризации имущественного комплекса, и для проектирования организации дорожного движения.

При обновлении баз дорожных данных (паспортизации) необходимо также выполнять панорамную видеосъёмку, применение которой при оцифровке материалов существенно повысит их семантическую информативность. Результатом работ должна становиться информационная 3D-модель автомобильной дороги, пригодная для включения её в ГИС автомобильных дорог или инфраструктуру дорожных данных. 

#### Литература:

1. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
2. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1–7.
3. Сворцов 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.

# Обработка данных лазерного сканирования

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

*Рассматривается практический пример обработки данных лазерного сканирования для получения исходной модели автомобильной дороги, пригодной для выполнения проекта ремонта.*

## Введение

В настоящее время мобильное лазерное сканирование становится очень популярной темой при заказе проектно-изыскательских работ в дорожной отрасли. Появилось множество компаний, освоивших технологию выполнения мобильного лазерного сканирования. В то же время выполнение сканирования и получение облака точек — это лишь начало длинного пути по проектированию автомобильных дорог.

## Основные сведения о мобильном лазерном сканировании: мифы и реальность

Даже краткий обзор паспортных возможностей мобильных сканеров [1] создаёт иллюзию того, что данная технология может практически всё с точки зрения получения топографической модели дороги. Многие компании, занимающиеся мобильным сканированием, выдают большое количество материалов, однако дальнейшая судьба этих материалов туманна, и на практике они редко используются для создания фрагментов топографических планов или, в более продвинутых случаях, — для создания небольших 3D-моделей местности и транспортной инфраструктуры.

### Миф №1. Современные мобильные сканеры выполняют съёмку с миллиметровой точностью

На самом деле, на абсолютную точность результатов съёмки (а в данном случае — пространственного положения отдельных точек сканирования) влияет множество факторов и в первую очередь — навигационная система. Лучшие образцы навигационных систем могут (в хороших условиях) выдать точность позиционирования порядка 2–3 см (в плане), 3–5 см (по высоте) и ориентации порядка 20–50" (угловых секунд).

Всё это приводит к тому, что реальная абсолютная точность съёмки без дополнительных мер для точек, удалённых от сканера, уже на 20 м будет 5–6 см. Очевидно, что такие материалы не применимы в ряде задач. Существуют, конечно, методики дополнительного «уравнивания» таких данных, и только их применение (и контроль) могут дать на выходе точности порядка 10 мм.

### Миф №2. Облако точек лазерного сканирования — готовая 3D-модель местности

Что такое облако точек? Это нерегулярная масса отметок (X, Y, Z), возможно, в натуральных цветах. Картинка впечатляет, но что с такой моделью можно сделать? С точки зрения дорожника — практически ничего. Можно, конечно, измерить виртуальной рулеткой расстояние от одной точки до другой, получить отметку в указанной точке. А рассчитать объём слоя по двум облакам? Рассчитать уклоны на дороге длиной 1000 км? Получить «чёрную землю» для проектирования? Составить ведомость средств организации движения?

Естественно, из облака точек необходимо получать 3D-модель, пригодную для тех или иных задач. Для дорожников обязательно получение трёхмерных структурных линий дороги (оси, кромки, бровки, подшвы), элементов инженерного обустройства. Для проектирования также необходимо получение крупномасштабной поверхности дороги и т. д.

## Типовой порядок обработки данных

Рассмотрим типовой порядок обработки данных мобильного лазерного сканирования — от получения исходных данных до построения модели (рис. 1).



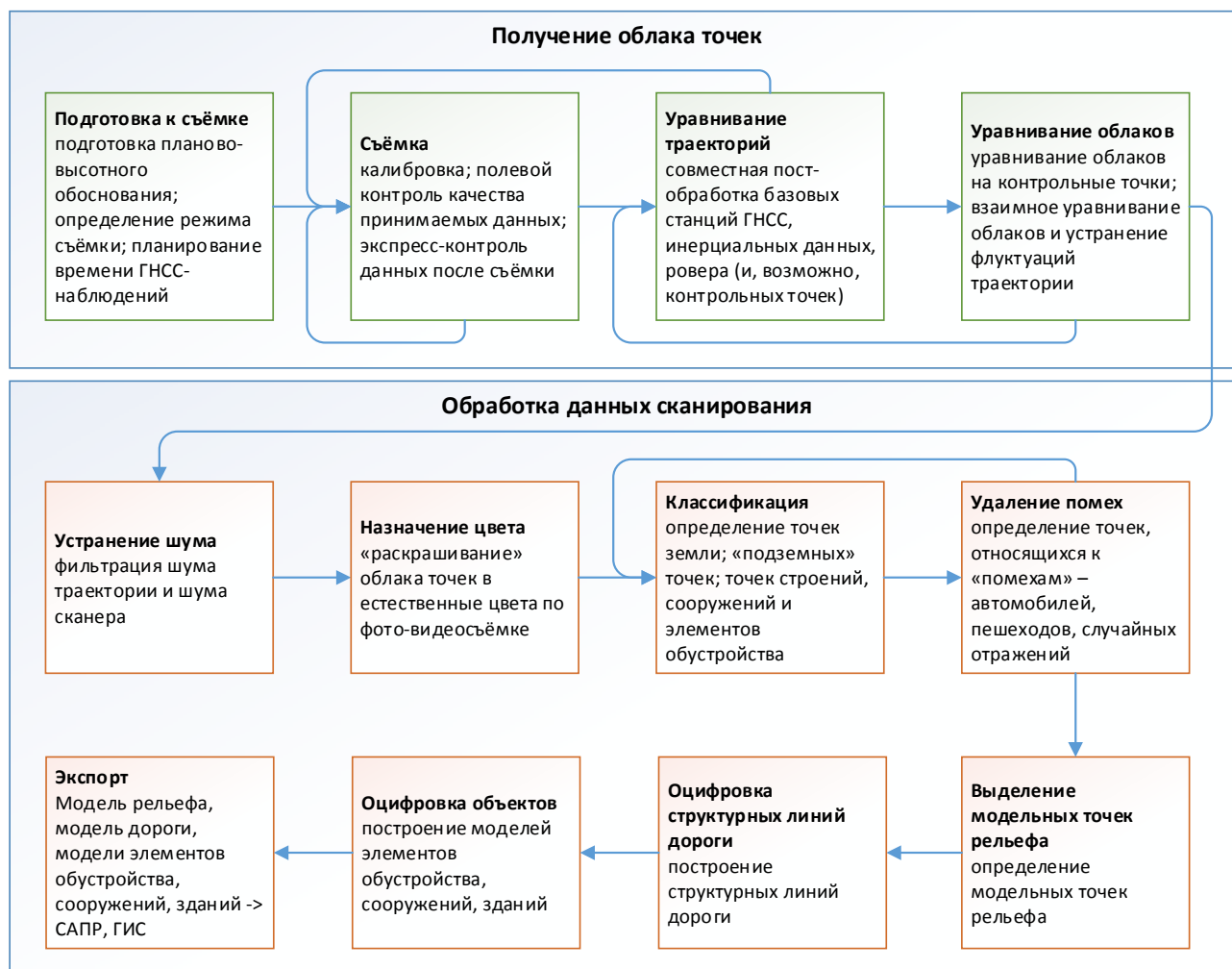


Рис. 1. Типовой порядок сбора и обработки данных мобильного лазерного сканирования

Процесс «получения облака точек» достаточно хорошо проработан. Есть лишь одно замечание: для достижения требуемой точности (в первую очередь по высоте) необходимо качественное плано-высотное обоснование и уравнивание облаков на контрольные точки.

Процесс «обработки данных лазерного сканирования» практикуется достаточно бессистемно и обычно сводится к классификации и раскрашиванию облака. Этого явно недо-

статочно для дальнейшей работы инженеров в САПР и ГИС. Далее мы подробнее рассмотрим шаги, которые требуются для получения практических 3D-моделей, но обычно не выполняются.

### Выделение модельных точек рельефа

Облака точек лазерного сканирования обычно содержат десятки и сотни миллионов точек, относящихся к рельефу. Данное количество точек со-

вершенно избыточно, когда речь идёт о построении триангуляционной модели рельефа, применяемой в качестве исходной для проектирования. Для того, чтобы получить такую модель рельефа, из всего множества исходных точек, относящихся к рельефу, выделяют небольшое количество модельных точек рельефа.

Модельные точки рельефа — такие точки облака, которые вносят наибольший вклад в форму рельефа (рис. 2) и необходимы для формирова-



Рис. 2. Модельные точки рельефа (отмечены красным) на разрезе облака точек лазерного сканирования

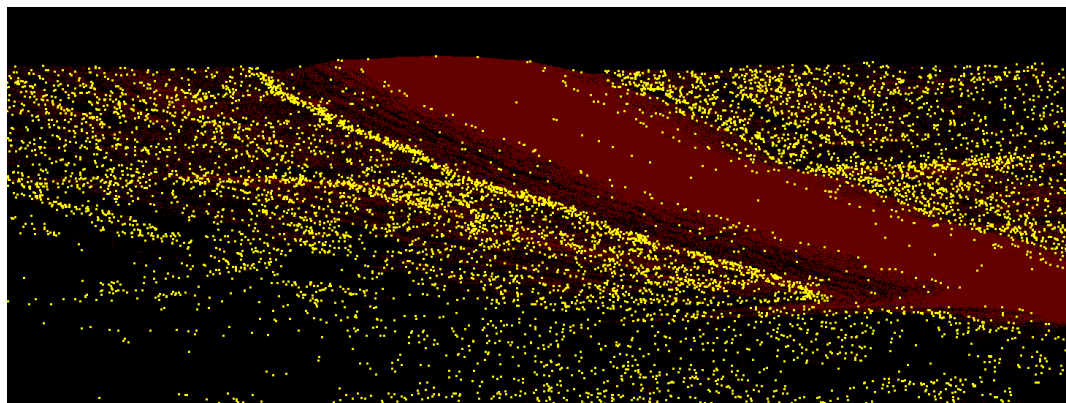


Рис. 3. Модельные точки рельефа (отмечены жёлтым) в трёхмерном виде системы TerraSolid. Редкие жёлтые точки характеризуют относительно плоские участки дороги

ния модели рельефа заданной точности. Обычно под «точностью» сформированного набора модельных точек понимают максимально допустимое отклонение по высоте точек, относящихся к рельефу (исходных точек облака), от триангуляционной модели, построенной по модельным точкам.

Обычно число модельных точек для моделей рельефа с заданной точностью 1 см бывает на 2-3 порядка меньше, чем число исходных точек, относящихся к рельефу (рис. 3). Модельные точки поверхности применяются для моделирования рельефа рядом с автомобильной дорогой и задают цифровую модель рельефа, пригодную для применения в любых САПР и ГИС, а также для быстрой трёхмерной визуализации.

### Оцифровка структурных линий дороги

Структурные линии дороги [2] задают базовую пространственную геометрию автомобильной дороги и являются первым и важнейшим элементом, который необходимо определять при создании 3D-модели дороги. Структурные линии

дороги включают в себя осевые линии, кромки проезжей части, бортики, подошвы, границы откосов и насыпей.

В настоящее время уже существует ряд алгоритмов и программных продуктов, позволяющих распознавать данные структурные линии и строить статистически сглаженные пространственные линии по облаку точек (рис. 4). Получаемые структурные линии являются важнейшим элементом модели дороги и используются напрямую современными САПР автомобильных дорог.

Следует отметить, что автоматизированное распознавание структурных линий дороги надёжно работает только для новых дорог. В остальных случаях точно распознать ось дороги, полузапыленную кромку, заросшую травой бортовую и так далее довольно проблематично — в этом случае единственным выходом является ручная оцифровка структурных линий (рис. 5). Подспорьем оператору здесь может быть механизм локальной статистической оценки распределения точек по высотам.

Таким образом, в результате построения структурных линий дороги и модели рельефа

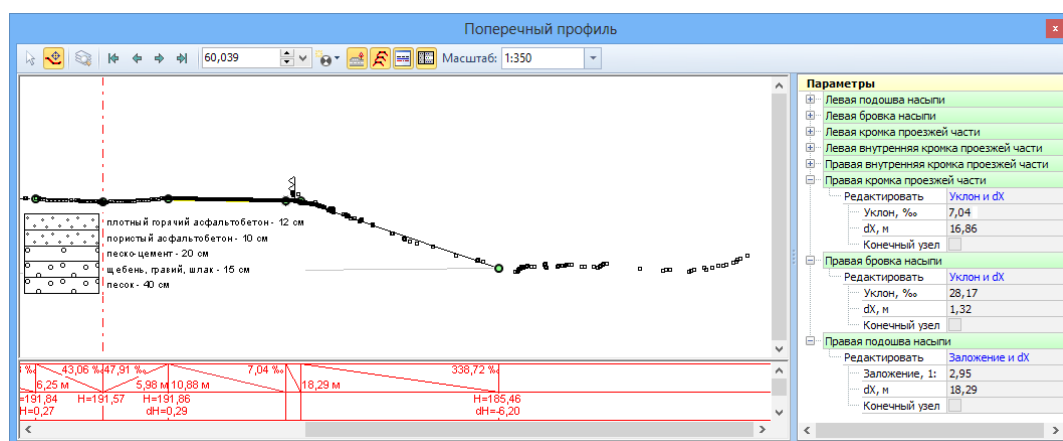


Рис. 4. Структурные линии автомобильной дороги и точки лазерного сканирования на поперечном профиле дороги в геоинформационной системе IndorRoad 9

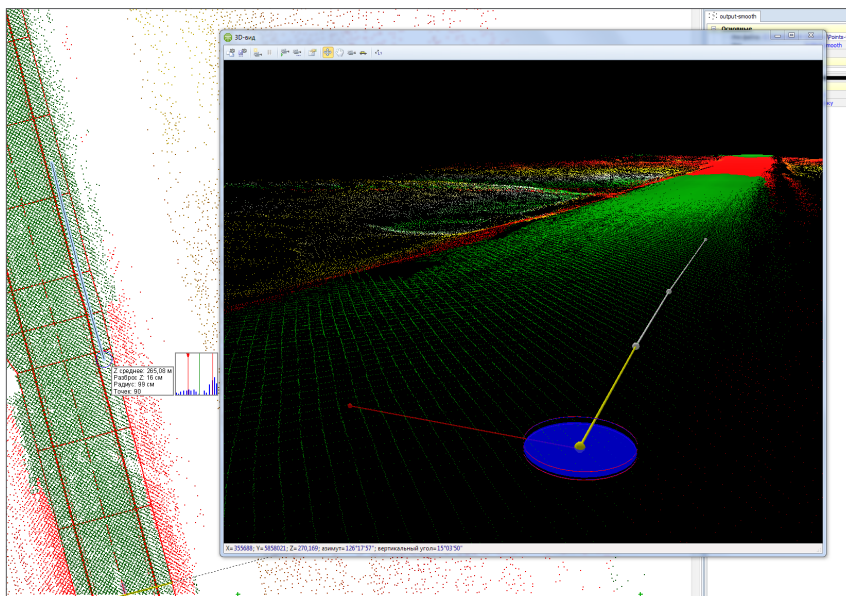


Рис. 5. Создание структурных линий на основе статистики по облаку точек в САПР автомобильных дорог IndorCAD 9

придорожной полосы на выходе получают готовые модели для САПР и ГИС автомобильных дорог.

### Оцифровка объектов

Моделирование объектов инженерного обустройства также является важной задачей при создании моделей автомобильных дорог. Распространённые технологии, реализованные в таких программных продуктах, как MicroStation, являются достаточно трудоёмкими, так как не ориентированы на специфические объекты (стойки дорожных знаков, ограждения и т.п.). В то же время име-

ются достаточно эффективные специализированные программные продукты, выполняющие данную задачу (хоть и не автоматически, но с высокой скоростью получения моделей элементов инженерного обустройства автомобильных дорог).

При оцифровке объектов инженерного обустройства оператор работает в 3D-виде. Облако точек либо раскрашивается в естественные цвета, и оператор произвольно «перемещается» в пространстве (рис. 6), либо используются панорамные снимки, на которые «накладывается» облако точек (рис. 7). Преимущество первого подхода со-

стоит в том, что имеется возможность приблизиться к объекту и посмотреть на него с требуемого ракурса; преимуществом второго подхода является то, что изображение не загромождено избыточным числом точек и распознавание для сложных, насыщенных участков производится быстрее.

### Закключение

В данной статье мы остановились на самых общих процессах, позволяющих из облаков точек лазерного сканирования получать полноценные модели автомобильных дорог, пригодных для непосредственного применения в САПР и ГИС для решения практических задач проектирования и управления автомобильными дорогами. Рассматриваемый порядок обработки данных является «связующим мостиком» между получением данных и получением результата — именно наличие этого «связующего мостика» позволит эффективно применять лазерное сканирование в дорожной отрасли. ■

#### Литература:

1. Сарычев Д.С. Мобильное лазерное сканирование // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 36–41.
2. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 47–54.

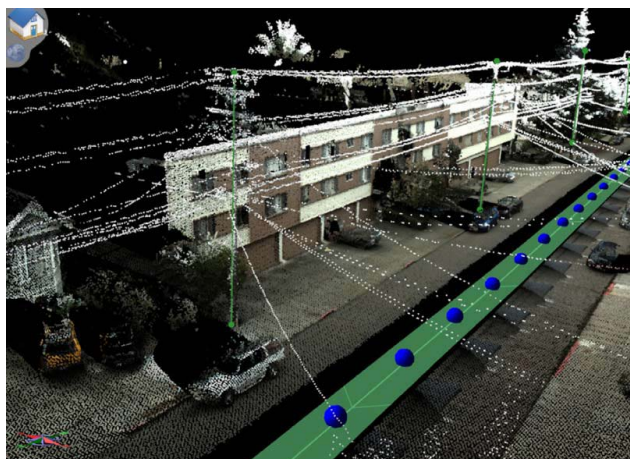


Рис. 6. Оцифровка трёхмерных объектов по раскрашенному облаку точек в Topcon Spatial Factory



Рис. 7. Оцифровка трёхмерных объектов в панорамном режиме в Topcon Spatial Factory



# 3D-визуализация как современная технология повышения качества проектных решений

Райкова Л.С., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Анисимов С.С., разработчик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Петренко Д.А., технический директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Рассматриваются способы получения презентационных трёхмерных моделей проектного решения, применяемые в современных САПР, а также варианты использования 3D-визуализации этих моделей в целях повышения качества проектных решений, их оценки и подготовки презентационных материалов.*

Традиционно трёхмерное моделирование прочно ассоциируется с системами автоматизированного проектирования (САПР). Сегодня же применение трёхмерных моделей при проектировании объектов промышленного и гражданского строительства, в том числе автомобильных дорог, стало практически повсеместным. При этом всё больше САПР позволяют не только создавать трёхмерные модели проектных решений, но и выполнять их визуализацию в 3D [1].

Перечислим главные цели применения технологий трёхмерного моделирования и визуализации в САПР:

- Постоянная визуальная оценка проектного решения. Возможность в любой момент времени увидеть проектируемые объекты в 3D позволяет своевременно обнаружить возможные ошибки, выбрать наиболее выгодные варианты проектного решения и оценить его в целом.

- Формирование презентационных материалов (3D-сцен, видеороликов и пр.). Такие материалы помогают практически «вживую» увидеть результат работы инженера-проектировщика и могут быть предоставлены заказчику для демонстрации полноты проделанных проектно-исследовательских работ.

## Способы создания трёхмерной модели проектного решения

Существует достаточно много способов, позволяющих создать и визуализировать трёхмерную модель проектного решения. Все их можно условно разделить на три группы.

### Первый способ

Заключается в полном повторении проектных решений «с нуля» в профессиональных программных продуктах, предназначенных для работы с трёхмерной графикой и анимацией. Из таких программ наиболее часто используют Autodesk 3ds Max (Autodesk, США) (рис. 1).

Использование специализированных программных продуктов позволяет добиться высокой фотореалистичности изображения смоделированного проекта, однако требует огромных ресурсов, ведь, по сути, выполняется дублирование всего проекта: рельеф, ситуация, все трассы и элементы инженерного обустройства создаются вручную дизайнерами и 3D-художниками либо импортируются из САПР, а затем дорабатываются. Главным недостатком такого подхода к моделированию является полная невозможность визуальной оценки проектного решения в процессе проектирования. Кроме того, так как созданием трёхмерной модели занимаются не профессиональные инженеры-проектировщики, а 3D-художники, такая модель может содержать некоторые неточности и упущения, которые не всегда заметны художнику, однако имеют критическое значение при оценке проектного решения.

### Второй способ

Заключается в использовании специальных программных продуктов — визуализаторов трёхмерных сцен. В качестве таких визуализаторов могут выступать следующие системы:

■ некоторые современные настольные ГИС, такие как ArcGIS с модулем ArcGIS 3D Analyst (Esri, США) (рис. 2а) [2], MapInfo Engage3D (MapInfo, США), IMAGINE VirtualGIS (ERDAS, США), ГИС «Панорама» (КБ «Панорама», Москва) и пр.;

■ различные картографические интернет-сервисы, например, Google Earth (Google, США) (рис. 2б) [3], Here (Microsoft, США), SAS.Планета (группа SAS), Apple Maps (Apple, США), NASA World Wind (NASA, США).

■ специализированные системы для моделирования городской среды, например City Engine (Esri, США) (рис. 2в) [4], VCity 3D (Virtuelcity, Франция), LandSim3D (Bionatics, Франция) и т.д.;

■ универсальные трёхмерные игровые движки, поддерживающие моделирование городской среды, такие как Unigine Engine (Unigine, Томск) (рис. 2г) [5], Bugbear Game Engine (Bugbear Entertainment, США) и пр.;

■ различные автосимуляторы (обучающий автосимулятор City Car Driving (Forward, Москва) (рис. 2д) [6], компьютерные игры Need for Speed (Electronic Arts, США), F1 2013 (Codemasters, Великобритания) и пр.) и автотренажёры.

Однако, несмотря на такое многообразие программ-визуализаторов, ни одна из них не позволяет обеспечить постоянную визуальную оценку проектного решения. Экспорт в перечисленные выше системы выполняется, как правило, уже после завершения работы над проектом, а полученная 3D-модель не позволяет оценить проектное решение в полной мере.



Рис. 1. Визуализация (повторение) проекта двухуровневой развязки в системе Autodesk 3ds Max

### Третий способ

Подразумевает, что проектирование и трёхмерная визуализация выполняются в рамках одного программного продукта. Такой способ является, пожалуй, наиболее распространённым и используется в ряде отечественных и зарубежных САПР, таких как AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США) (рис. 3а) [7], программный комплекс CREDO («Кредо-Диалог», г. Минск) (рис. 3б) [8], Топоматик Robur («Топоматик», Санкт-Петербург), IndorCAD («ИндорСофт», Томск). В процессе проектирования инженер в привычных ему проекциях (план, профили)



а) ГИС ArcGIS с модулем 3D Analyst



б) Картографический интернет-сервис Google Earth



в) Система моделирования городской среды City Engine



г) Трёхмерный игровой движок Unigine



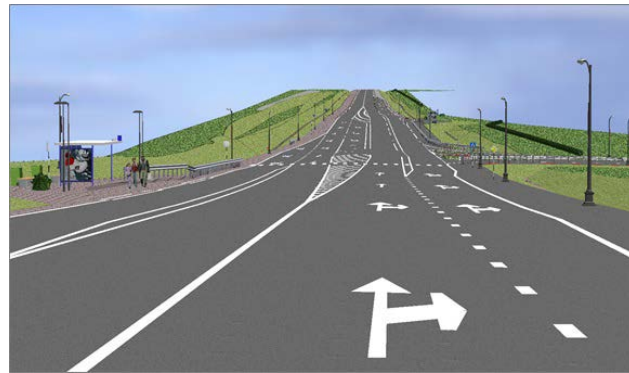
д) Обучающий автосимулятор City Car Driving

Рис. 2. Трёхмерные модели автомобильных дорог, визуализированные с помощью различных систем





а) AutoCAD Civil 3D



б) Программный комплекс CREDO

Рис. 3. Трёхмерная визуализация проектных решений в САПР

формирует трёхмерную модель дороги, которая динамически изменяется при внесении любых изменений в проект. При этом трёхмерная модель может быть в любой момент времени визуализирована в окне 3D-вида, что позволяет своевременно обнаруживать допущенные ошибки, оценивать пространственное положение и взаимодействие всех объектов в зоне проектирования и находить наиболее правильные проектные решения. Кроме того, такой подход к трёхмерной визуализации является очень удобным, так как не требует от проектировщика навыков презентационного 3D-моделирования или использования сторонних программ.

Таким образом, первые два способа позволяют сформировать реалистичный презентационный материал, но делают невозможным отслеживание изменений в проекте в режиме реального времени. Полученные такими способами 3D-модели подходят в качестве демонстрационного материала, однако использовать их для постоянной визуальной оценки проектного решения нельзя, а следовательно, при их применении не достигается ни одна из названных ранее целей использования 3D-технологий в САПР. Третий способ, в свою очередь, является наиболее универсальным из всех перечисленных. С его помощью можно не только создавать подробную трёхмер-

ную модель, но и оценивать проектное решение на всех этапах работы, а также, используя возможности оформления 3D-вида, без дополнительных усилий формировать качественные презентационные материалы.

На примере САПР IndorCAD рассмотрим варианты использования 3D-вида для повышения качества проектных решений, их оценки и подготовки презентационных материалов для демонстрации заказчику.

### Контроль качества на каждом этапе проектирования

Использование современных технологий 3D-моделирования позволяет обеспечить контроль качества на всех этапах проектирования автомобильных дорог: от обработки исходных данных и формирования ЦММ до размещения на запроектированной дороге объектов инженерного обустройства (разметки, дорожных знаков, ограждений и т.д.).

На основе исходных данных в системе IndorCAD автоматически формируется полноценная трёхмерная модель рельефа. Средствами трёхмерной визуализации эта модель отображается в окне 3D-вида, где инженер может выполнить визуальный анализ исходной поверхности.

Исходные данные, используемые для построения модели рельефа, могут быть получены различными способами, среди которых — набирающая в последнее время всё большую популярность технология лазерного сканирования местности [9]. В результате лазерного сканирования, например с использованием мобильной дорожной лаборатории, формируется обла-

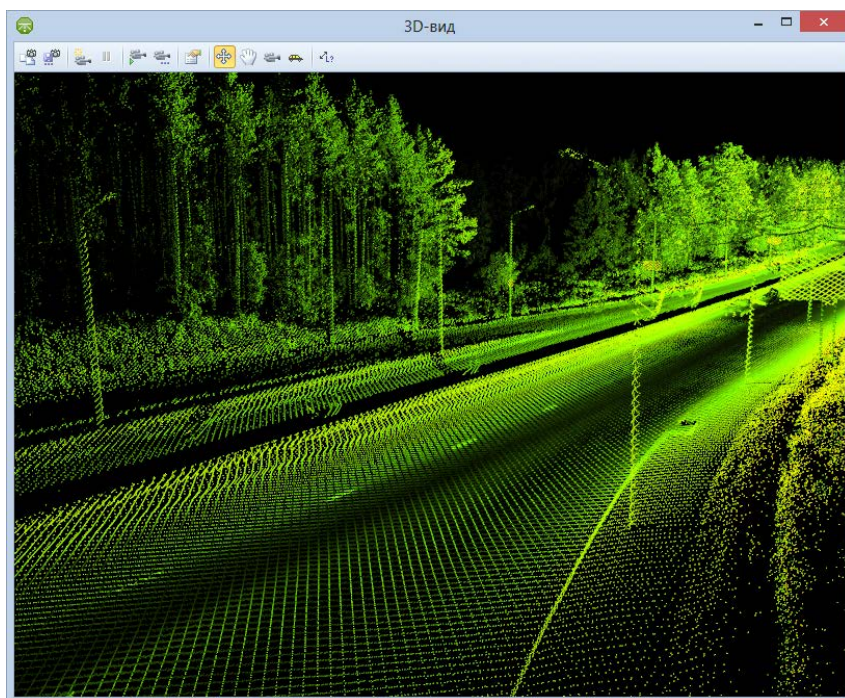


Рис. 4. Облако точек лазерного сканирования в окне 3D-вида в IndorCAD 9



ко точек, которое может быть загружено в САПР IndorCAD для дальнейшей обработки. Такое облако точек, если смотреть на него на плане, кажется «плоским», и оценить его в полной мере довольно сложно. В этом случае увидеть реальную картину поможет как раз окно 3D-вида (рис. 4).

Следующим достаточно трудоёмким этапом обработки результатов изысканий является формирование цифровой модели местности, в частности, нанесение на план объектов ситуации и инженерных коммуникаций. Трёхмерная модель на этом этапе позволяет проектировщику изучить сложный участок строительства, оценить положение объектов ситуации относительно друг друга (например, принять во внимание реальную высоту и этажность зданий в зоне проектирования), а также, что немаловажно, просмотреть пересечение наземных и подземных коммуникаций. Всё это в совокупности помогает принимать правильные проектные решения.

Задачу анализа рельефа местности и ситуации существенно облегчает использование в качестве подложки различных интернет-карт [10]. Такие карты могут быть наложены на существующую модель рельефа в качестве текстур, что позволяет получить наиболее актуальные сведения о ситуации в зоне проектирования (рис. 5). Кроме того, зачастую при проектировании специалистам бывает необходимо учитывать кадастровый план территории. Для этого в системе IndorCAD предусмотрена возможность загрузки

кадастровой карты, полученной на основе данных Росреестра. Таким образом, в окне 3D-вида можно одновременно увидеть точный рельеф местности, объекты ситуации и кадастровый план.

После получения полной картины местности можно приступать к созданию проектной поверхности. Очевидно, что проектирование при этом производится не в плоской двумерной проекции, а подразумевает формирование подробной трёхмерной модели проектируемого объекта. Использование инструментов создания и корректировки проектной поверхности позволяет вносить изменения непосредственно в трёхмерную модель. К примеру, изменения в продольном профиле трассы немедленно отражаются и на плане, и в редакторе поперечных профилей, и в окне 3D-вида. На этом этапе с помощью трёхмерной визуализации сформированной модели можно не только отследить любое изменение в проектной поверхности, но и оценить проектное решение в целом.

Следующим немаловажным мероприятием, играющим одну из ведущих ролей в обеспечении безопасности дорожного движения, является размещение на запроектированной дороге объектов инженерного обустройства: разметки, дорожных знаков, ограждений, сигнальных столбиков. В САПР IndorCAD предусмотрен широкий набор инструментов для работы с объектами инженерного обустройства. Все объекты отображаются не только на

плане, но и в окне 3D-вида (рис. 6) — при необходимости в нём можно выполнить виртуальный проезд по дороге, чтобы проконтролировать корректность расположения всех элементов дорожного обустройства, а также оценить безопасность организации дорожного движения на сложных участках (например, на развязках).

### 3D-вид как презентационный материал

В последнее время всё чаще заказчики в техническом задании требуют предоставления презентационных материалов, позволяющих практически «вживую» увидеть, как будет выглядеть запроектированная дорога. В этом плане трёхмерная визуализация участка проектирования является практически незаменимой. Перемещаясь по 3D-модели, можно увидеть любой участок проекта и, главное, совершить виртуальный проезд по дороге.

САПР IndorCAD позволяет легко создавать качественные презентационные материалы, при этом не требуя от инженера каких-либо навыков 3D-моделирования. Возможности оформления и настройки трёхмерной модели делают доступным создание уникальных проектов с подробной визуализацией. Использование различных текстур, с помощью которых может быть оформлен внешний вид исходной и проектной поверхностей, здания, зелёные насаждения и многие другие объекты позволяет добиться высокой реалистичности 3D-сцены.

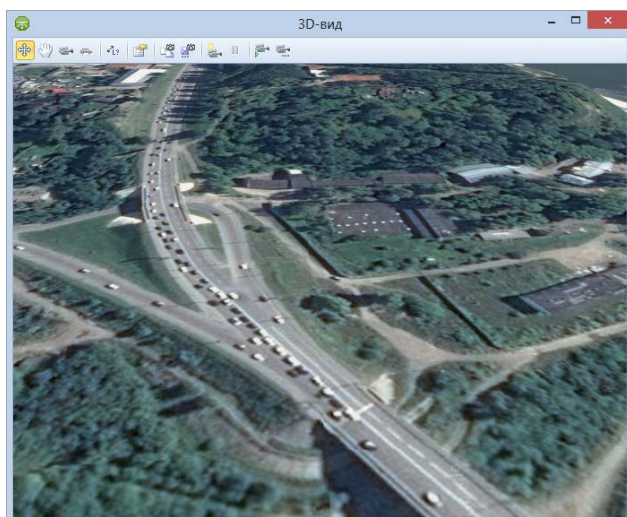
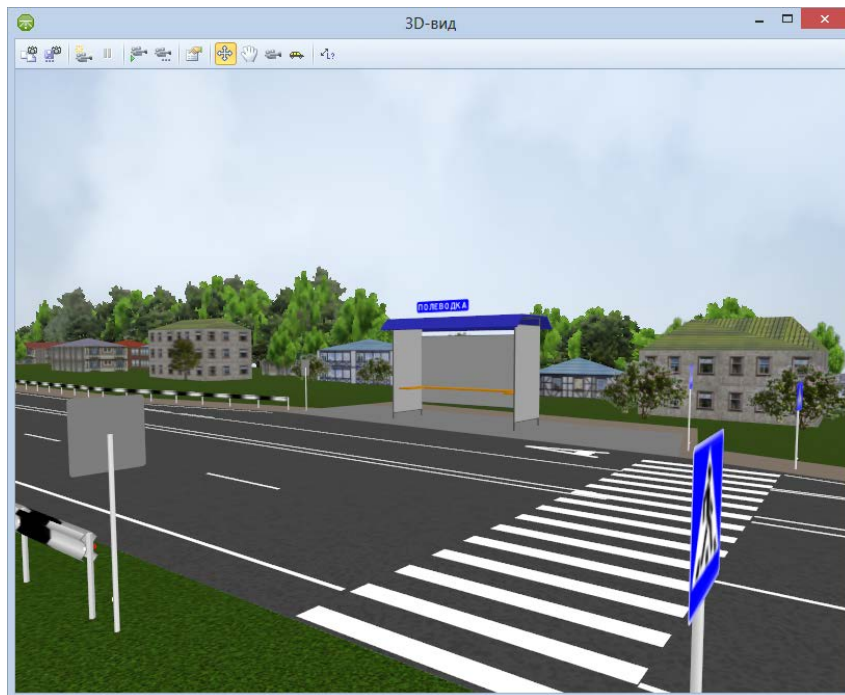


Рис. 5. Трёхмерная модель рельефа с картой местности в IndorCAD 9



Рис. 6. Объекты инженерного обустройства в окне 3D-вида в IndorCAD 9

Рис. 7. Фрагмент 3D-модели, созданной с использованием малых архитектурных форм в IndorCAD 9



При этом можно использовать как встроенные текстуры, так и подгружать свои собственные. Наличие индивидуальных настроек для каждого объекта ситуации, коммуникаций и инженерного обустройства позволяет воссоздать реальную картину, вплоть до таких мелочей, как провис проводов ЛЭП и форма конька крыши зданий.

При необходимости можно даже подгрузить готовые 3D-модели, сформированные в специализированных системах 3D-моделирования, например, в Autodesk 3ds Max.

При проектировании в городских условиях для оформления 3D-вида может быть полезен редактор малых архитектурных форм, с помощью которого можно создавать трёхмерные объекты любой сложности: автобусные остановки, автозаправки, детские площадки и пр. (рис. 7). С редактором также поставляется обширная библиотека малых архитектурных форм, которые можно добавлять в проект одним щелчком мыши.

После того как оформление 3D-вида проекта будет завершено, средствами системы IndorCAD можно записать демонстрационный ролик с виртуальным проездом по запроектированной автомобильной дороге. Такой ролик позволяет «вживую» увидеть результат проектирования и может быть предоставлен заказчику наряду с различной рабочей документацией в ка-

честве презентационного материала, отражающего всю полноту проделанных проектно-изыскательских работ. Просмотреть видеоролик можно с помощью стандартного проигрывателя на любом компьютере без использования IndorCAD.

## Заключение

Одним из наиболее наглядных результатов работы проектировщика является трёхмерная модель проектируемого объекта, на основании которой уже формируется различная проектная документация: ведомости, чертежи и пр. При построении такой модели незаменимым инструментом являются системы автоматизированного проектирования, позволяющие не только сформировать трёхмерную модель проектного решения, но и быстро выполнить её визуализацию. Таким образом, 3D-моделирование, несомненно, является одним из перспективных направлений развития САПР, а развитие технологий визуализации таких моделей позволяет вывести проектирование на качественно новый уровень. ■

### Литература:

1. Бойков В.Н. САПР АД — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
2. Virtual City Template. Create a 3D city with the Virtual City Template // Esri official website. URL: [http://www.esri.com/software/arcgis/](http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/3danalyst/key-features/demos)

[extensions/3danalyst/key-features/demos](http://www.esri.com/software/arcgis/extensions/3danalyst/key-features/demos) (дата обращения 31.03.2014).

3. 3D-изображения // Google Планета Земля. URL: <http://www.google.com/intl/ru/earth/explore/showcase/3dimagery.html> (дата обращения 31.03.2014).
4. Esri Releases New Version of CityEngine // Esri official website. URL: <http://www.esri.com/news/releases/11-4qtr/esri-releases-new-version-of-cityengine.html> (дата обращения 31.03.2014).
5. Галерея // City Car Driving. Симулятор для обучения вождению. URL: <http://citycardriving.ru/gallery> (дата обращения 31.03.2014).
6. Real-time interactive architectural visualizations. Visualizations. Featured Clients & Projects // Unigine official website. URL: <http://unigine.com/products/unigine/showcase> (дата обращения 31.03.2014).
7. AutoCAD Civil 3D и 3ds Max Design. Создание профессиональных визуализаций // Официальный сайт компании Autodesk. URL: <http://www.autodesk.ru/products/autodesk-autocad-civil-3d/features/all/gallery-view> (дата обращения 31.03.2014).
8. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ 1.1 // Официальный сайт компании Кредо-Диалог. URL: <http://www.credo-dialogue.ru/produkty-2/korobochnye-produkty/vizualizatsiya-1-1.html> (дата обращения 31.03.2014).
9. Сарычев Д.С. Мобильное лазерное сканирование // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 36–41.
10. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.

# Сравнительное испытание программного обеспечения для расчёта конструкций дорожных одежд

Неретин А.А., к.т.н., доцент, доцент МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)

Рукавишникова Е.Е., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Дается краткое описание популярных программных продуктов для конструирования и расчёта дорожных одежд в России: Топоматик Robur — Дорожная одежда, CREDO ПАДОН RU и IndorPavement. Проводится аналитическое сравнение их функциональных возможностей и подсчёт экспертной оценки для каждого программного продукта.*

Дорожная одежда — наиболее дорогостоящая часть автомобильной дороги. По этой причине к выбору конструкции дорожной одежды инженеры подходят особенно тщательно. Ещё лет 10 назад проектирование и расчёт конструкций дорожных одежд производились вручную. Чтобы всесторонне учесть факторы, влияющие на дорожную конструкцию, необходимо было произвести расчёт по нескольким критериям. Однако конструкция, удовлетворяющая одному критерию, зачастую не удовлетворяла другому, что влекло за собой изменение толщин слоёв или замену материалов и неоднократное повторение расчёта. Эта процедура была трудоёмкой и отнимала драгоценное время.

На сегодняшний день существуют различные программные продукты, позволяющие конструировать и рассчитывать практически любые дорожные одежды, основываясь на действующих стандартах и методах современной теории упругости. Рассмотрим далее наиболее популярные программы в России и странах СНГ: Топоматик Robur — Дорожная одежда (разработчик: «Топоматик», г. Санкт-Петербург, Россия), CREDO ПАДОН RU (разработчик: «Кредо-Диалог», г. Минск, Беларусь) и IndorPavement Expert (разработчик: «ИндорСофт», г. Томск, Россия).

назначена для расчёта нежёстких и жёстких дорожных одежд автомобильных дорог общей сети и городских дорог и улиц. Инженер может использовать данную систему расчёта как для проектирования вновь сооружаемых дорожных одежд и усиления, так и для оценки прочности существующих конструкций.

Robur позволяет производить основные виды расчётов на прочность, расчёт на морозоустойчивость, толщину дренажного слоя и др. При этом все расчётные алгоритмы в своей



## Топоматик Robur — Дорожная одежда

Первым программным продуктом для сравнительного испытания был выбран Топоматик Robur — Дорожная одежда. Программа пред-

Рис. 1. Создание нового материала





Таблица 1. Критерии оценки программ для расчёта дорожных одежд

Критерии оценки	Топоматик Robur — Дорожная одежда (v. 4.3)	CREDO РАДОН RU (v. 3.4)	IndorPavement Expert (v. 9)	Бес
Расчёты на прочность по ОДН 218.046–01	+	+	+	3
Расчёт по МОДН 2–2002	–	–	+	С
Проверка на морозоустойчивость, расчёт морозозащитного, теплоизолирующего и дренирующего слоёв по ОДН 218.046–01	+	+	+	3
Расчёт в условиях вечной мерзлоты по ВСН 46–83	–	+	+	М
Прочностные расчёты, проверка на морозоустойчивость, расчёт дренирующего слоя и усиления по СН РК 3.03–19–2006 (Казахстан)	–	–	+	М
Расчёт жёстких конструкций дорожной одежды	+	+	+	3
Расчёт усиления по ОДН 218.052–2002	+	+	+	3
Расчёт на колеиность (Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежёстких дорожных одеждах)	–	+	+	С
Расчёт краевых укрепительных полос, обочин, остановочных полос по ОДН 218.3.039–2003	+	+	+	3
Задание нормативных нагрузок, расчётных схем нагружения и габаритов приближения по ГОСТ Р 52748–2007	+	+	+	3
Учёт геосинтетических материалов при расчёте (ОДМ 218.5.003–2010, ОДМ 218.5.001–2009, ОДМ 218.5.002–2008)	+	Нет ОДМ 218.5.002–2008	+	3
Учёт пространственных георешёток в расчёте (Рекомендации по применению пространственных георешёток)	–	–	+	М
Вычисление расчётной нагрузки по условиям движения	+	+	+	3
Альбомы типовых конструкций	–	–	+	3
Оптимизация конструкции дорожной одежды по выбранным критериям	+	+	+	3
Библиотека материалов, возможность создания собственных материалов	+	+	+	3
Наличие в библиотеке геосинтетических материалов от производителей	–	+	+	С
Библиотека марок автомобилей	–	+	–	М
Формирование отчётной документации в виде отчёта по расчёту	+	+	+	3
Формирование чертежа конструкции	+	+	+	3
Детальный отчёт с расшифровкой	–	+	+	С
Технико-экономическое сравнение вариантов конструкции	+	–	+	С
Наличие демонстрационной версии	+	–	+	С
Наличие бесплатного обучения	–	–	+	С
Удобство использования программы	4 из 10	5 из 10	8 из 10	–
Цена	21 900 руб.	37 000 руб.	59 000 руб.	–

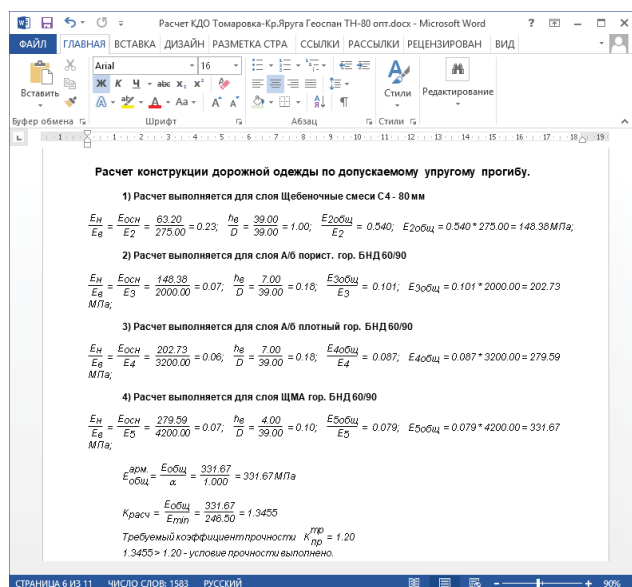


Рис. 4. Полный отчёт по расчёту

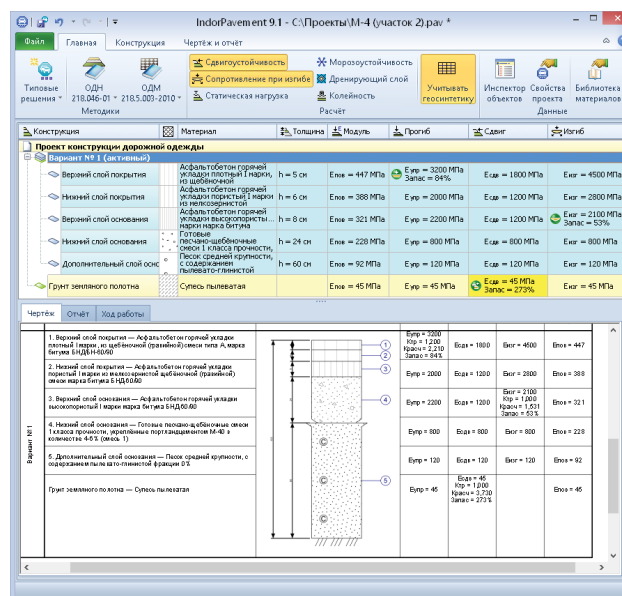


Рис. 5. Главное окно системы расчёта IndorPavement Expert

ет инженеру быстро заполнять состав движения и конструировать дорожные одежды. Помимо этого, возможно вносить изменения в базу, вести свою библиотеку марок автомобилей, вносить свои материалы, в том числе и геосинтетические. Использование подобных баз данных позволяет инженеру конструировать дорожную одежду из стандартных материалов и хранить библиотеку своих региональных материалов, однако настройка этих библиотек достаточно сложна и неудобна. Также сомнительным кажется использование базы данных конкретных автомобилей, поскольку реальный состав движения на сегодняшний день разнообразен, а данный подход, разработанный в 60-х годах, можно считать атавизмом.

После проектирования конструкции программа предоставляет возможность инженеру улучшить своё решение, воспользовавшись оптимизацией по толщинам слоёв. Реализовано три варианта выполнения оптимизационных расчётов: по толщине конструкции, по запасу прочности конструкции, по стоимости конструкции, которые позволяют устранить необоснованный запас прочности и перерасход материалов.

На данный момент применение геосинтетических материалов при строительстве дорог является эффективной мерой, позволяющей улучшить прочностные показатели всей конструкции в целом, улучшить водоотведение и многое другое. По этой причине расчёт дорожной одежды с учётом таких материалов чрезвычайно важен. Программный продукт CREDO РАДОН RU позволяет в рамках оптимизации конструкции задать слою из геосинтетических материалов и учесть их в рамках общего расчёта. Этот функционал весьма полезен, однако поставляемая библиотека ма-

териалов содержит небольшой перечень геосинтетических материалов (производители: «НПО Славрос», «СТЕКЛЮНИТ Менеджмент», «Текса — нетканые материалы», «СЕТТКА») и выполнить сравнение результатов расчёта «до» и «после» применения материала непросто.

После выполнения расчётов программа предлагает ознакомиться с результатом. Доступны следующие варианты: предварительный просмотр конструкции в схематичном виде (рис. 3), полный отчёт по расчёту, отчёт по расчёту с формулами (рис. 4). Текстовые отчёты можно сохранить в распространённые форматы текстовых файлов, но всё же не хватает оформленного чертежа конструкции.

Завершая обзор данного программного продукта, отметим, что разработчик не предоставляет ни ознакомительной версии программного продукта, ни документации, ни каких-либо примеров расчёта.

## IndorPavement Expert

Последний на сегодня испытываемый — самый «молодой» представитель — система расчёта дорожных одежд IndorPavement Expert (рис. 5). Данный программный продукт предназначен для расчёта нежестких и жестких конструкций дорожных одежд для нового строительства и оценки прочности существующих конструкций [3].

Как и ранее рассмотренные программы, IndorPavement поддерживает основные стандарты и методики расчётов дорожных одежд: ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд», «Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд» и др. Также в программе реализова-





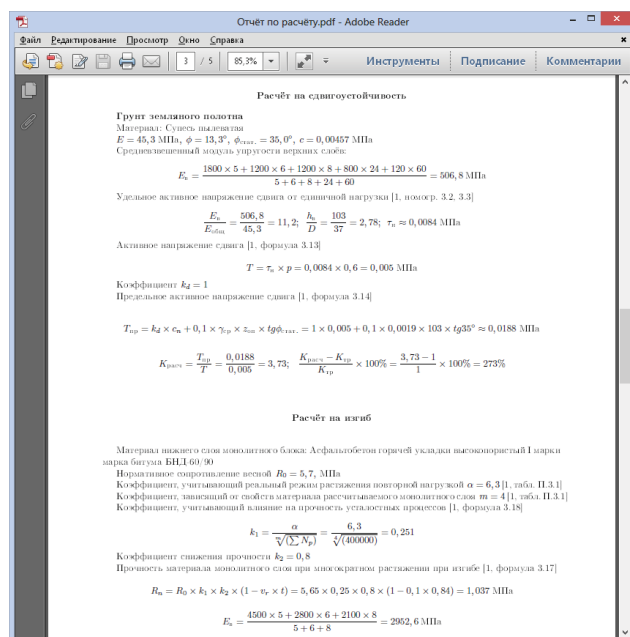


Рис. 6. Пример расшифровки расчёта нежесткой конструкции дорожной одежды

ны дополнительные методики: МОДН 2–2001 «Проектирование нежестких дорожных одежд», СН РК 3.03–19–2006 «Проектирование дорожных одежд нежесткого типа» (применяется в Казахстане). Полный перечень поддерживаемых методик приведён в таблице 1.

Вместе с программой поставляется библиотека дорожных материалов. Для всех материалов заданы физико-механические свойства в соответствии с нормативными документами и описаниями производителей. Помимо стандартных материалов, в библиотеке имеются геосинтетические упрочняющие, дренажные материалы и пространственные георешётки таких известных производителей, как «Сибур Геосинт», «ГеоЛайн», «ДОРСТРОЙМАТЕРИАЛЫ», «Комитекс», «СТЕКЛЮНИТ Менеджмент» и многих других. По аналогии с другими программными продуктами библиотеку материалов можно дополнить пользовательскими материалами.

Интересной возможностью системы IndorPavement является конструирование дорожных одежд с помощью альбомов типовых решений [4]. Доступно несколько альбомов, разработанных как отечественными, так и зарубежными специалистами и включающими в себя конструкции нежесткого и жесткого типов. Использовать альбом очень просто — достаточно ввести минимальный набор параметров и затем выбрать подходящий шаблон. Каждый шаблон содержит набор слоёв с заданными толщинами и списком допустимых материалов. Далее конструкцию можно добавить в проект и доработать. Данный подход очень удобен, особенно для молодых специалистов, так как позволяет избежать конструктивных ошибок.

На российских дорогах уже не первый год колея является одним из основных видов разрушения дорожной одежды, способный до-

ставить не только неудобство водителям, но и спровоцировать опасные дорожные ситуации. Многочисленные исследования учёных и усилия строительных и эксплуатационных организаций направлены на ликвидацию колеиности. Одним из основных документов в этом вопросе является «Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах», разработанный по заданию Государственной службы дорожного хозяйства и предназначенный для использования дорожными проектными и производственными организациями при определении и оценке степени колееобразования, расчёте и прогнозировании возможной динамики этого процесса [5]. Методики, описанные в данном документе, поддерживаются в системе IndorPavement и реализованы в виде отдельного расчёта на колеиность.

Отчётная документация в системе формируется автоматически и представлена в двух видах: отчёт и чертёж. В любой момент времени она доступна для просмотра и анализа в главном окне программы. При необходимости отчёт и чертёж можно сохранить в распространённые форматы данных. Помимо краткого отчёта, формируемого автоматически, существует возможность сгенерировать расшифровку расчёта — специализированный документ в формате PDF, содержащий полную информацию о конструкции, выкладки расчёта по формулам, ссылки на нормативные документы, чертёж (рис. 6). Подобный документ позволит при необходимости проверить результаты расчёта и может стать сильным аргументом в спорных ситуациях [6].

На сайте разработчика можно скачать ознакомительную версию программы. Она позволяет попробовать практически весь функционал, но, к сожалению, расшифровка расчёта «скрывает» расчёты по формулам под чёрными прямоу-

CREDO РАДОН RU (v. 3.4)

8

IndorPavement Expert (v. 9)

10

Топоматик Robur — Дорожная одежда (v. 4.3)

7



гольниками — данный функционал доступен только после приобретения. На сайте доступно бесплатное дистанционное обучение, которое поможет новым пользователям быстро освоить этот программный продукт. Оно действительно впечатлило: каждый урок содержит пошаговые инструкции, видеоролики, тестовые вопросы. По окончании обучения можно смело приступать к работе с реальными проектами.

Отметим, что IndorPavement является важным элементом в линейке продуктов компании «ИндорСофт» для управления автомобильной дорогой в течение всего жизненного цикла от проектирования до эксплуатации [7]. IndorPavement может интегрироваться как с системой проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road, так и с геоинформационной системой IndorRoad. Особенно это важно в свете только создающейся концепции «BIM для инфраструктуры» на основе САПР и ГИС, где у компании «ИндорСофт» уже есть существенный задел [8].

## Выводы

Чтобы объективно оценить рассмотренные ранее программные продукты, обратимся к таблице 1. В таблице представлено множество критериев оценки программного продукта. Для множества критериев определим их значимость и в соответствии с этим зададим веса.

К значимым (З) критериям оценки отнесём все основные виды расчётов, актуальные для России. К критериям средней значимости (С) отнесём дополнительные расчёты, помогающие инженеру наиболее полно и всесторонне оценить конструкцию дорожной одежды, а также наличие информации, помогающей в освоении программного продукта. Малозначимыми критериями (М) будем считать расчёты, применяемые в других странах и неактуальные в современных условиях методики.

В экспертной оценке участвуют 24 критерия, среди них 13 являются значимыми, 7 — средней значимости и 4 — малозначимыми. Зададим для каждого критерия вес, учитывая его значимость и тот факт, что сумма всех критериев должна составить 10 баллов, как максимальную оценку.

— Значимые:  $Z = 0,55$ .

— Средней значимости:  $C = 0,35$ .

— Малозначимые:  $M = 0,15$ .

Вычислим дискретные оценки вариантов по формуле:

$$\sum_{i=1}^{24} K_i \times W_i,$$

где  $K_i$  — критерий оценки из таблицы 1;  $W_i$  — вес критерия в соответствии с типом.

Полученный результат округлим до целых значений.

Полученные результаты не учитывают стоимость программного продукта и удобство работы с ним, которые безусловно являются очень важными, но субъективными. Однако в конечном итоге выбор рабочего инструмента остаётся непосредственно за инженером и будет оцениваться лишь по двум критериям: «нравится» и «не нравится». ■

## Литература:

1. Топоматик ROBUR — Дорожная одежда. Программное средство для расчёта дорожной одежды нежесткого, полужесткого и жесткого типов: Руководство пользователя. СПб.: Научно-производственная фирма «ТОПОМАТИК», 2012. 54 с.
2. CREDO РАДОН RU 3.4. Расчёт дорожных одежд нежесткого и жесткого типов: Руководство пользователя. Минск: Кредо-Диалог, 2014. 100 с.
3. IndorPavement. Система расчёта дорожных одежд: Руководство пользователя. Томск: ИндорСофт, 2014. 187 с.
4. Рукавишникова 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.
5. ОДМ Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах / Министерство транспорта Российской Федерации, Государственная служба дорожного хозяйства (РОСАВТОДОР). М., 2002. 181 с.
6. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.
7. Бойков В.Н. САПР АД — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
8. 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.

# Анализ основных направлений развития САПР автомобильных дорог для реализации концепции жизненного цикла автомобильных дорог

Миронюк В.П., д.э.н., профессор РГСУ (г. Ростов-на-Дону), ГИП, старший научный сотрудник Северо-Кавказского филиала ОАО «ГИПРОДОРНИИ»  
Фиалкин В.В., ассистент РГСУ (г. Ростов-на-Дону)

*Проводится анализ САПР, представленных на российском рынке, в рамках формирования информационной модели объектов строительства на базе BIM-технологии. Описаны основные этапы и взаимосвязи использования программных продуктов для реализации BIM-технологии. Определены основные направления дальнейшего развития отечественных САПР для реализации концепции поддержки жизненного цикла дороги.*

Реализация подхода на основе «информационного моделирования дороги» [1] (далее ИМД) заставляет учитывать все её особенности как линейного объекта, обращая особое внимание на различия линейных объектов (ЛО) и объектов капитального строительства (ОКС). Реализация поддержки концепции жизненного цикла на базе ИМД получила своё развитие благодаря эволюции САПР и ГИС автомобильных дорог. Сегодня на рынке САПР автомобильных дорог основными являются комплексы следующих компаний: Autodesk (США), CREDO (Белоруссия), «ИндорСофт» (г. Томск), «Топоматик» (г. Санкт-Петербург). Кроме этого, существует достаточно большое количество продуктов, которые были разработаны для решения узких задач проектирования автомобильных дорог, например: продукты компании PTV (Visum, Vissim), программные комплексы Aimsun, FORUM8, KorFin, CARD/1 и другие. Некоторые продукты разработаны и ис-

пользуются в крупных проектных организациях, к ним можно отнести GIP-M — программный комплекс, разработанный и используемый в ОАО «ГИПРОДОРНИИ». Но не все присутствующие на рынке программные комплексы, во-первых, учитывают специфику проектирования ЛО, во-вторых, охватывают весь спектр задач, которые стоят перед проектировщиками для создания ИМД.

При формировании информационной модели объектов инфраструктуры автомобильных дорог необходимо определиться с основными функциями, которые присущи тому или иному этапу жизненного цикла автомобильной дороги. В первую очередь нас интересует этап проектирования. Другие этапы жизненного цикла, такие как строительство, эксплуатация и использование за пределами расчётного эксплуатационного цикла должны стать предметом дальнейшего исследования.



В общем виде BIM-технология основана на 3D-модели строительных объектов, которая связана с информационной базой данных, где каждому элементу модели присвоены дополнительные атрибуты, такие как материал, его свойства, цена и т.д. Другими словами, информационная модель зданий и сооружений.

**Основные функции, которые должны быть реализованы на стадии проектирования, включают в себя три блока:**

1. Оценка функционирования объекта и предварительная стоимость различных вариантов на предпроектной стадии.

2. Визуализация проектных решений для проведения роад-шоу, в том числе для привлечения инвесторов.

3. Внедрение принципов проектного менеджмента на стадии подготовки проекта.

Проектирование автомобильной дороги как процесс, включает в себя три фазы: подготовка и согласование проекта планировки и межевания, подготовка и согласование проектной документации и подготовка рабочей документации. Каждой фазе характерны свои особенности, которые на других стадиях не встречаются.

Как уже было сказано выше, при разработке проекта планировки необходимо принимать решение по местоположению будущей трассы. На этой стадии нужно разработать несколько вариантов прохождения автомобильной дороги с определением её основных технико-экономических показателей, к которым можно отнести длину трассы, количество полос, количество искусственных сооружений и их основные технико-экономические характеристики, укрупнённую стоимость и т.д. Данные технические показатели должны обеспечить существующую и перспективную интенсивность дорожного движения, учитывать всю зону влияния проектируемой автомобильной дороги, обеспечивать безопасность дорожного движения. Это возможно выполнить при помощи программного обеспечения, которое реализует математическое моделирование транспортных потоков. К известным комплексам, которые предназначены для решения такого рода задач, можно отнести: Visum, Vissim, Aimsun и FORUM8. Программный комплекс KorFin предназначен для быстрого эскизного вы-

полнения проектов на стадии подготовки к тендерам для демонстрации вариантов и расчёта предварительной стоимости различных вариантов, но не оценивает функциональные возможности будущего объекта с точки зрения пропускной способности.

На стадии проектной документации, необходимо проведение мероприятий по внедрению принципов проектного менеджмента, что позволит значительно повысить качество разрабатываемой проектной документации, и в конечном итоге позволит значительно сократить временные, финансовые и трудовые ресурсы. Внедрение принципов проектного менеджмента касается проверки отдельных разделов проекта, которые выполняются различными специалистами, структурными подразделениями или даже проектными институтами, их взаимной увязки, соблюдения порядка разработки проекта, расчёта отдельных его элементов и узлов. Реализация данной функции возможна только в рамках формирования информационной модели на базе BIM-технологии.

В общем виде BIM-технология основана на 3D-модели строительных объектов, которая связана с информационной базой данных, где каждому элементу модели присвоены дополнительные атрибуты, такие как материал, его свойства, цена и т.д. Другими словами, информационная модель зданий и сооружений.

В отличие от обычных программ 2D, программа 3D-проектирования моделей на основе BIM-технологии в строительстве хранит не просто графические объекты, а информацию, позволяющую автоматически создавать чертежи и отчёты, выполнять анализ проекта, моделировать график выполнения работ, эксплуатацию объектов и т.д.

Также программа 3D-проектирования на основе технологии информационного моделирования позволяет поддерживать распределённые группы, благодаря чему несколько пользователей (проектировщик, подряд-

чик, эксплуатирующая организация) могут работать с единой моделью на протяжении всего жизненного цикла объекта, что исключает избыточность, повторный ввод и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.

Реализация информационной модели объекта, как правило, строится на нескольких программных продуктах и их количество зависит от назначения самого объекта, его размера, поставленных задач и т.д. Наилучший вариант, когда продукты разработаны одной компанией или изначально предусматривалось совместное использование ПО различных производителей.

Рассмотрим на примере продуктов компании Autodesk использование BIM-технологии. В настоящее время программы этой компании позволяют наиболее полно и широко реализовать данный подход к ОКС. Программные продукты компании Autodesk позволяют осуществлять поддержку информационной модели объекта, но в основном предназначены только для ОКС, не учитывая специфические особенности автомобильных дорог. Хотя в линейке Autodesk есть модуль AutoCAD Civil 3D, который позиционируется как продукт, позволяющий ускорить процесс разработки высококачественных проектов в сфере транспорта, землеустройства и инфраструктуры. Тем не менее, данный продукт не учитывает многие особенности проектирования автомобильных дорог.

В последнее время технология BIM достаточно бурно развивается, обсуждается и представлена многими публикациями в интернете и других открытых источниках, но до настоящего момента нет чёткого понимания, какие продукты, в какой последовательности и для каких задач использовать. Как правило, на семинарах рассказывается о возможностях отдельных продуктов для решения той или иной задачи. Единого, комплексного и логически завершённого представления на примере одного проекта, к сожалению,

нию, увидеть не удалось. Для определения перечня и последовательности использования продуктов компании Autodesk в первую очередь сформулируем задачи, которые необходимо решить в процессе подготовки проектной документации.

**Задачи, которые стоят перед проектировщиками, можно разбить на две большие группы.**

1. Проверка проектных решений на предпроектной стадии:

- быстрая разработка концептуального проекта с визуализацией;
- оценка применения тех или иных принципиальных конструктивных решений;
- определение предварительных технико-экономических показателей для каждого из вариантов.

2. Проверка проектных решений на проектной стадии и стадии создания рабочей документации:

- определение оптимальных конструктивных схем, узлов, оборудования и материалов;
- проверка и взаимная увязка различных разделов проекта между собой;
- определение приведённых затрат с учётом срока эксплуатации объекта, что позволит обосновать применение инновационных материалов, технологий, методов строительства и т.д.;
- подготовка визуализации проекта для проведения роад-шоу, в том числе для привлечения инвестиций.

**Для реализации указанных задач предлагается использовать следующие программные продукты компании Autodesk:**

1. Программный комплекс **Autodesk Building Design Suite** версии Ultimate, который включает в себя, в том числе:

■ **AutoCAD** — система двух- и трёхмерного автоматизированного проектирования и подготовки документации. Пользователи AutoCAD могут адаптировать продукт для решения конкретных задач.

■ **AutoCAD Structural Detailing** — программа проектирования строительных конструкций, предоставляющая широкий набор инструментов и знакомую среду AutoCAD. Интуитивные функции делают простым процесс детализации и выпуска рабочих чертежей стальных и железобетонных строительных конструкций.

■ **Autodesk 3ds Max Design** — система подготовки наглядных изображений и видеороликов, обладающих профессиональным качеством, для демонстрации проектных идей.

■ **Autodesk Navisworks Manage** — инструмент интеграции данных из различных источников для комплексной проверки проектов, координации и количественного анализа.

■ **Autodesk Revit** — инструменты на базе технологии BIM для архитектурного проектирования, проектирования инженерных систем и строительных конструкций, а также моделирования строительства. В состав комплекса входят следующие продукты:

1. **Revit Architecture.** Программное обеспечение разработано для архитекторов и предназначено для полной свободы творчества при проектировании, улучшенной координации информации и эффективного представления готовых проектов.
2. **Revit Structure.** Программное обеспечение, предназначенное для проектирования и предварительного анализа строительных конструкций.
3. **Revit MEP.** Система автоматизированного проектирования в зданиях инженерных систем любой сложности. САПР Autodesk Revit MEP адресована проектировщикам отопительных, вентиляционных, электрических и санитарно-технических систем и основана на технологии информационного моделирования зданий (BIM).

■ **Autodesk Inventor** — 3D-САПР для проектирования оборудования, которым оснащаются здания. Это удобная в работе 3D-САПР для проектирования деталей, изделий и выпуска чертежей.

2. Дополнительно необходим Autodesk Civil 3D — профессиональное решение для гражданского строительства, основанное на технологии BIM, которое позволяет ускорить процесс разработки высококачественных проектов в сфере транспорта, землеустройства и инфраструктуры. Кроме этого, Autodesk Civil 3D включает средства для геопроостранственного анализа с целью выбора подходящей строительной площадки, анализа ливневых стоков, составления сметы и динамического расчёта объёмов земля-

ных работ для оптимизации расходов материалов.

3. Программное обеспечение Autodesk Vault представляет собой удобную систему управления файлами проекта. Используя возможности Autodesk Vault 2014, разработчики отслеживают изменения в рабочем проекте и управляют версиями при совместной работе над проектом.

Ядром технологии BIM является программный комплекс Autodesk Revit. Учитывая логику проектирования и этапы подготовки отдельных разделов проектной документации, рассмотрим последовательность использования программного обеспечения.

### Шаг первый

Посредством Revit Architecture осуществляется построение информационной модели объекта, основанной на 3D-визуализации с использованием блоков конструктивных элементов и установления взаимосвязи между ними. В результате формируется наглядная цифровая модель объекта, которую можно исследовать, анализировать и оценивать на любом этапе проектирования. Характеристика составных частей цифровой модели объекта включает в себя не только название конструктивных элементов, но и их структуру с указанием материалов, характеристик и стоимости, что позволяет в автоматическом режиме формировать спецификации. К информации, которую можно получить на основании информационной модели, относятся технико-экономические показатели, объёмно-планировочные решения, автоматическое построение фасадов и т.д. Данная модель является основой для работы на следующих этапах выполнения проектных работ (расчёты несущей способности конструкций, прокладка инженерных систем) и является основой для их взаимной увязки. Основным преимуществом данного вида технологий является то, что связь всех продуктов имеет двухсторонний характер, что позволяет в автоматическом режиме вносить изменения во все части проекта.

### Шаг второй

Данная информационная модель передаётся в Revit Structure для конструкторского обоснования, опреде-

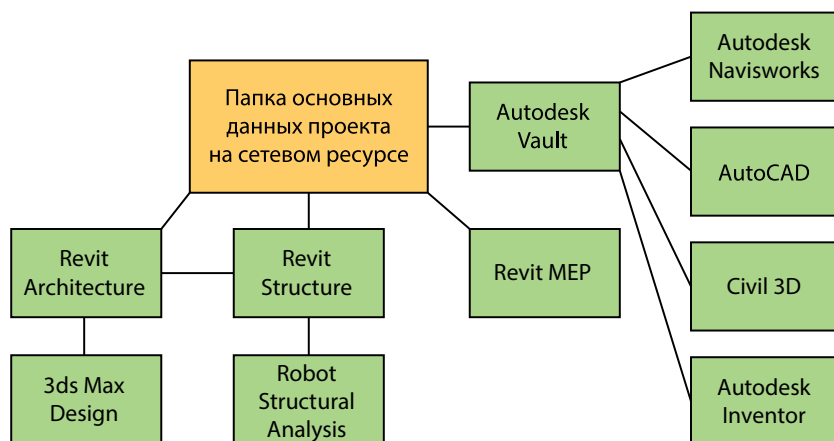


Рис. 1. Структура совместной работы в Revit с применением Autodesk Vault

ления несущих конструкций, формирования аналитической модели.

Полученная аналитическая модель передаётся в Autodesk Robot Structural Analysis для проведения расчётов конструктивных элементов. При проведении расчётов возможно моделирование различных нагрузок, в том числе динамических, сейсмических, ветровой, снеговой в разных комбинациях. В процессе расчётов есть возможность учесть нагрузку от движущихся механизмов, кранов и т.д. В результате подбирается сечение конструкций и их элементов, армирование железобетонных конструкций, проводится расчёт металлических каркасов и т.д. Формирование чертежей и спецификаций выполняется в автоматическом режиме в соответствии с действующей нормативной литературой. После этого модель передаётся в Revit Architecture и направляется смежникам для разработки инженерных систем.

### Шаг третий

При помощи Revit MEP разрабатываются инженерные системы на базе динамических моделей с учётом характеристик режимов, потоков, расходов, подбора оборудования, расчёта освещённости, автоматической увязки всех систем, их пересечений и автоматического формирования чертежей, экспликации материалов и оборудования. Все мероприятия выполняются на базе 3D-модели, что значительно упрощает проектирование и снижает ошибки.

Параллельно с выполнением работ по проектированию инженерных систем, после расчёта конструктивных

элементов, модель может быть передана в AutoCAD Structural Detailing для дальнейшей детализовки разделов КМ, КЖ, выполнения узлов и формирования отправочных чертежей.

После передачи всех инженерных разделов в Revit Architecture возможно проведение оценки энергетических и эксплуатационных характеристик объекта на весь срок его службы. В автоматическом режиме формируется энергетический паспорт объекта с расчётом потребления энергетических ресурсов по годам, месяцам.

### Шаг четвёртый

Разработка схемы планировочной организации земельного участка. Данный раздел выполнялся при помощи Civil 3D. После подготовки раздела информация может быть передана обратно в Revit Architecture для подготовки материалов для визуализации.

### Пятый шаг

Для координации процессов проектирования, обработки и наполнения разделов организации строительства и проекта производства строительных работ информационная модель передаётся в Autodesk Navisworks. Данный продукт позволяет при помощи 4D-визуализации проследить за процессом строительства с имитационным моделированием работы строительной техники.

### Шестой шаг

Полученная информационная модель из Revit Architecture со всеми настройками по текстурам экстерьеру и генеральному плану, передаётся

в Autodesk 3ds Max Design, где формируется окончательный вариант изображения, создаются видеоролики для демонстрации проектных идей.

Для оптимизации, автоматизации и синхронизации информационной модели работы с удалёнными участниками проекта Autodesk предлагает использовать продукт Autodesk Vault. Структура совместной работы Revit с приложением Autodesk Vault представлена на рисунке 1.

Работу с удалёнными пользователями и внутри проектной организации можно организовать и без использования Autodesk Vault, но в этом случае для актуализации данных необходимо будет в ручном режиме запускать Revit Architecture.

Как уже неоднократно отмечалось, комплекс программ Autodesk не учитывает некоторые особенности проектирования таких ЛО как автомобильные дороги. В частности, отсутствуют программные продукты, при помощи которых возможно проведение моделирования транспортных потоков. Группу продуктов Autodesk возможно применять при проектировании сооружений, которые могут входить в структуру автомобильной дороги (развязки, путепроводы, виадуки и т.д.).

Рассмотрим на другом примере реализацию BIM-технологии, её логику и взаимосвязи. Программный комплекс Allplan был разработан немецкой компанией Nemetschek и предназначен, в том числе для проектирования автомобильных дорог.

Программный комплекс Allplan представляет собой единое инструментальное средство проектирования. Спектр его функциональных возможностей достаточно разнообразен и охватывает все этапы проектно-конструкторских работ: от эскизного проекта с оценкой вариантов прохождения трассы, грубой экономической оценки до детальной разработки проектной документации и подготовки демонстрационных материалов. Эта система соединяет в себе универсальный пользовательский интерфейс, необходимые средства компьютерной графики и формирования проектов на бумажных и электронных носителях.

Программный комплекс Allplan может использоваться как для организации показов и презентаций,



подготовки и представлении строительно-технической документации, набросков, рисунков и произвольных моделей, так и для создания высококачественных изображений и фильмов. Кроме того, программный комплекс имеет функцию просмотра виртуальных моделей, проектируемых зданий и сооружений.

Работа с цифровой моделью здания позволяет управлять каждым отдельным элементом проекта, что представляет собой основное преимущество интегрированной системы проектирования. Allplan оперирует теми же объектами, которые используются непосредственно при строительстве: плиты перекрытия, лестницы, стропила, окна, арматура, венткороба и т.д. Модель здания формируется в соответствии с замыслом архитектора и в последовательности, соответствующей технологии строительства в трёх измерениях, а двумерные изображения, — эскизы, виды и разрезы, рабочие чертежи и спецификации, — создаются и автоматически обновляются на основе 3D-модели.

Японская компания FORUM8 разработала программный комплекс VR-Design Studio, имеющий двухстороннюю связь с Allplan. Основной задачей комплекса является обучение вождению автомобиля и проработки действий в чрезвычайных ситуациях с использованием виртуальной реальности.

VR-Design Studio решает две задачи:

1. Максимально реалистично моделировать окружающий мир, создавая

Структурно программный комплекс условно можно разбить на две части: первая, относящаяся к модулю Allplan, связана с моделированием элементов конструкций зданий и сооружений, что является непосредственной реализацией BIM-технологии. Вторая часть отвечает за моделирование транспортных, пешеходных потоков и их визуализацию.

AdvanceSteel/Concrete — блок моделирования металлических и железобетонных конструкций (связан с Allplan).

DesignBuilder — блок создания модели зданий, объектов электро-, водо-, теплоснабжения и экологии (связан с Allplan).

Engineer's Studio — блок для анализа нелинейного поведения структуры объектов капитального строительства (связан с Allplan).

Multiframe — блок для структурного анализа OKC (связан с Allplan).

UC-1 и UC-Draw — блок проектирования зданий и сооружений различного назначения (жилые, промышленные здания и сооружения) (связан с Allplan и VR-Studio).

UC-1 vehicle trajectory, OSCADY/TRANSYT, Micro Simulation — блоки моделирования транспортных потоков, расчёта состояний, имитации работы парковок. После работы передаёт результаты в VR-Studio.

Использование программного комплекса Allplan позволяет в очень короткие сроки оценить несколько вариантов прохождения трассы с укрупнённым подсчётом капитальных затрат. На последующих этапах

ализации BIM-технологии и концепции поддержки жизненного цикла автомобильных дорог, представлен несколькими продуктами. С учётом задач, которые стоят перед проектировщиками, и соответствия основным принципам концепции поддержки жизненного цикла автомобильных дорог наибольший интерес представляет линейка продуктов, разработанная компанией из Томска «ИндорСофт».

Во-первых, это широкий спектр программного обеспечения, осуществляющий поддержку задач, начиная от проведения инженерных изысканий, проектирования и заканчивая эксплуатацией объекта.

Во-вторых, наибольший перечень функций на всех стадиях проектирования, которые являются базовыми для реализации концепции поддержки жизненного цикла. К таким функциям можно отнести: формирование 3D-модели непосредственно в процессе подготовки документации, возможности проверки, увязки отдельных частей проекта между собой, проверка нескольких проектных решений на стадии предпроектной проработки.

Тем не менее, анализ задач, которые могут быть решены при помощи продуктов «ИндорСофт», и функций, которые реализует тот или иной программный продукт, показал, что, на наш взгляд, некоторые направления проработаны не в полном объёме.

Необходимо решить вопросы, связанные с моделированием транспортных потоков, для проверки функционирования проектируемых объектов, расширить блок экономической оценки (в том числе и экспресс-метод) проектируемых объектов с учётом эксплуатационных затрат в рамках прогнозируемого срока эксплуатации и т.д.

Тем не менее, на наш взгляд, продукты компании «ИндорСофт» могут выступить основой для реализации концепции поддержки жизненного цикла объекта на основе информационного моделирования дорог. ■

Литература:

1. Бойков В.Н. САПР АД – перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.

Работа с цифровой моделью здания позволяет управлять каждым отдельным элементом проекта, что представляет собой основное преимущество интегрированной системы проектирования.

и управляя различными природными и погодными условиями, такими как дождь, снег, ветер, освещение в различных фазах дня и географического положения на земле, тенями, временем суток.

2. Возможность использовать дополнительные технические средства, ресурсы и плагины, разработанные другими производителями. Это дополнительные программные модули или приборы. Например, лазерные сканеры, лидары и т.д.

проектирования с минимальными временными потерями формирует комплект проектной документации автомобильной дороги.

Основным недостатком программного комплекса Allplan является то, что он не учитывает особенности нормативной базы Российской Федерации и невозможность определения энергетических и других эксплуатационных затрат.

Отечественный рынок САПР, которые могут использоваться для ре-

# Проектирование транспортных развязок в IndorCAD

Кривых И.В., руководитель методического отдела ООО «ИндорСофт» (г. Томск),  
Мирза Н.С., к.т.н., ведущий разработчик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Рассматривается комплексный подход к проектированию транспортных развязок в рамках САПР автомобильных дорог IndorCAD. Описывается весь цикл проектирования развязок, включая построение поворотных съездов, контроль обеспечения водоотвода, инженерное обустройство, оценку видимости и контроль коридоров движения крупногабаритных и длинномерных транспортных средств.*

В настоящее время в связи с непрерывным ростом интенсивности и скорости движения на автомобильных дорогах большое внимание уделяется обеспечению безопасности дорожного движения. Особого внимания заслуживает повышение безопасности движения и увеличение пропускной способности пересекающихся дорог. В последние годы в нашей стране наблюдается увеличение темпов строительства транспортных развязок как на загородных дорогах, так и в крупных населённых пунктах с целью обеспечения скоростного автомобильного движения и гарантии наибольшей его безопасности.

---

Эффективное и качественное проектирование транспортной развязки с соблюдением сроков представляется интерактивным процессом с возможностью предварительного просмотра всех промежуточных результатов и изменения параметров построения «на лету».

---

При проектировании транспортной развязки инженер решает сложнейшую задачу с учётом множества факторов и соблюдением целого ряда ограничений. Изменение хотя бы одного базового параметра влечёт за собой изменение практически всех остальных критериев и ограничений, что в итоге приводит к серьёзным изменениям в проекте. На данный момент проектирование пересечений и примыканий дорог в разных уровнях выполняется в соответствии с двумя основными нормативными документами: СП 34.13330.2012 «Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85\*» и ВСН 103–74 «Технические указания по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог» [1].

Первостепенный вопрос при проектировании транспортной развязки — это выбор расчётной скорости. От принятой расчётной скорости зависят почти все геометрические элементы транспортной развязки, её строительная стоимость, дорожно-эксплуатационные и транспортные расходы. При изменении расчётной скорости меняются радиусы кривых в плане на съездах, расчётные расстояния видимости и другие параметры [2]. В редких случаях, когда условия не позволяют разместить кривые требуемых радиусов, приходится менять базовые ограничения на расчётную скорость и продольные уклоны. Кроме того, необходимо решить вопрос обеспечения видимости на развязке, организации стока дождевых и талых вод не только с поверхности проезжей части съездов, но и из замкнутых контуров, образуемых съездами, а также множество других вопросов.

Эффективное и качественное проектирование транспортной развязки с соблюдением сроков представляется интерактивным процессом с возможностью предварительного просмотра всех промежуточных результатов и изменения параметров построения «на лету». Организовать такой процесс невозможно без помощи современного программного обеспечения, которое выполнит всю рутинную работу, позволит менять ограничения и отслеживать их соблюдение, задавать параметры съездов и других элементов развязки, оценивать полученный результат, а также создавать несколько вариантов развязки для поиска оптимального решения. Такой подход является наиболее перспективным развитием САПР автомобильных дорог [3].

Одной из систем автоматизированного проектирования, в которой реализован комплексный подход к проектированию транспортных развязок, является система IndorCAD, разработан-

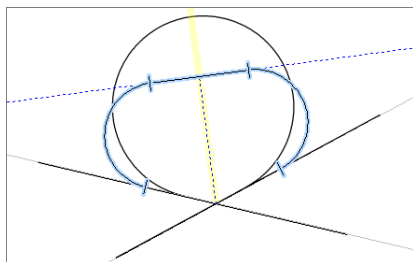


Рис. 1. Схема съезда с двумя кривыми в плане

ная компанией «ИндорСофт». Модуль для проектирования транспортных развязок появился в рамках девятого поколения программных продуктов «ИндорСофт» [4].

### Мастер проектирования развязок — в помощь проектировщику

Проектирование транспортной развязки предполагает выполнение ряда действий, представленных инженеру в виде пошагового мастера. На начальном шаге работы мастера задаются базовые параметры и ограничения, необходимые для осуществления построений: основные трассы, минимальные продольные уклоны на съездах, расчётные скорости. На следующих шагах определяются другие параметры развязки: схемы построений, радиусы кривых в плане на съездах и пр.

Возможности мастера позволяют последовательно задавать основные параметры развязки, возвращаясь при необходимости на предыдущие шаги для корректирования ранее введенных значений, предварительно оценивать все построения на плане, завершать построение на любом шаге, чтобы затем либо продолжить создание развязки с нужного шага, либо изменить существующее решение.

### Построение левоповоротных съездов

Основой для построения съездов служат две главные трассы с запроектированными продольными профилями и верхом проектной поверхности. Для каждой четверти развязки задаются параметры построения левоповоротного съезда. Плановая геометрия съезда может быть запроектирована с использованием одной кривой, либо с использованием двух кривых. В некоторых случаях (например, при тупых углах) вариант

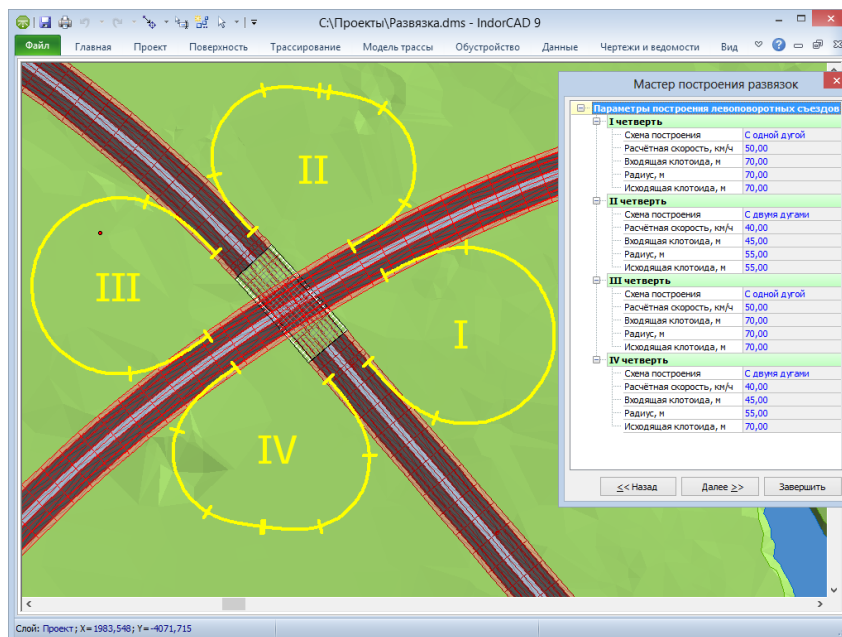


Рис. 2. Построение левоповоротных съездов

с двумя кривыми может дать значительную экономию в отводе земли (рис. 1), что приобретает особое значение вблизи крупных населённых пунктов и в городской зоне, где отвод земли часто связан с большими затруднениями.

Для каждого съезда инженер задаёт радиус кривой в плане. При этом на проекте сразу можно видеть и анализировать формируемые оси съездов (рис. 2). Значение радиуса съезда «работает в связке» с параметром расчётной скорости на съезде. При задании расчётной скорости устанавливается

соответствующее ей значение радиуса в плане, и наоборот, при изменении радиуса в плане меняется расчётная скорость, показывая, какая скорость соответствует заданному радиусу. Это позволяет гибко настраивать параметры съезда и помогает инженеру не выйти за рамки ограничений.

Построенные оси съездов проверяются на возможность обеспечения необходимого продольного уклона (в большинстве случаев — 40‰) [5], и в случае, если длины съезда недостаточно, система показывает преду-

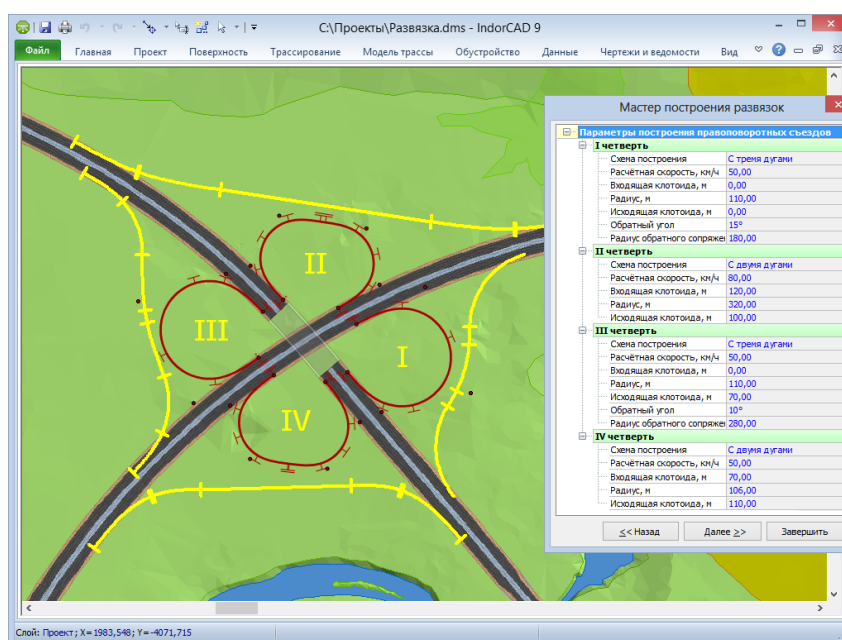


Рис. 3. Построение правоповоротных съездов



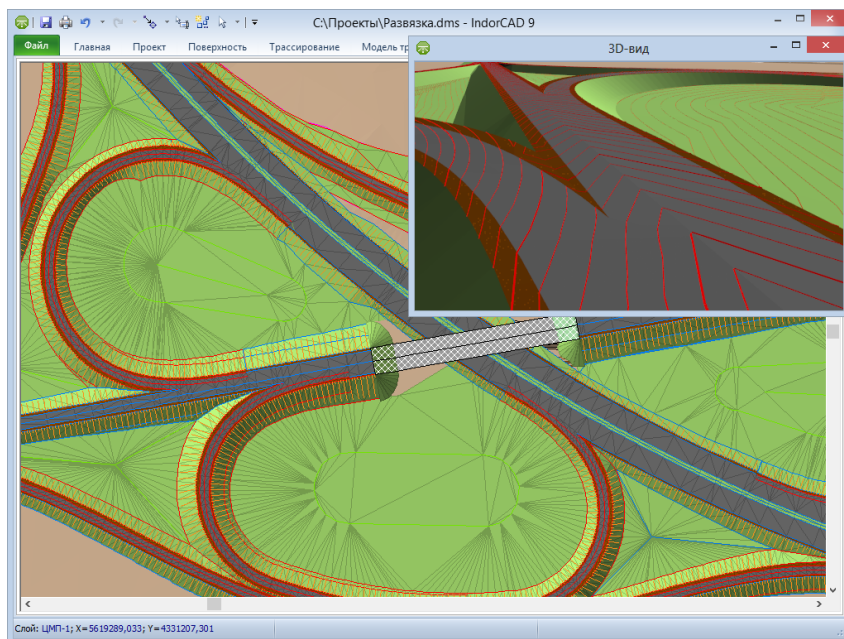


Рис. 4. Развязка, запроектированная с использованием мастера

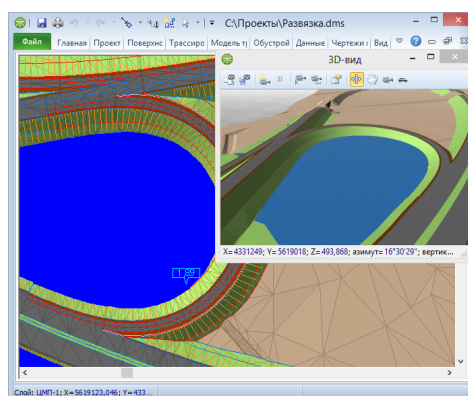


Рис. 5. «Зоны затопления» на плане и в 3D-виде



Рис. 6. Объекты инженерного обустройства на развязке



Рис. 7. Предварительный указатель направлений на развязке

прежде. Это говорит о том, что нужно изменить какие-то из параметров съезда, например, увеличить радиус в плане.

### Построение правоповоротных съездов

Создание правоповоротных съездов во многом аналогично созданию левоповоротных съездов: для каждой четверти выбирается схема построения (с одной кривой либо с двумя кривыми), задаются радиусы кривых в плане, контролируется обеспечение расчётной скорости и продольных уклонов (рис. 3).

Отдельно следует отметить возможность автоматического построения правоповоротного съезда с тремя кривыми для обеспечения большей компактности транспортной развязки. Учёт свободной территории особенно важен при проектировании развязок в пригородной или городской зоне, где ограниченная свободная территория может заставить пойти на изменение плановой геометрии съездов.

### Результат работы мастера

Мастер по проектированию транспортной развязки строит все съезды с заданными параметрами, формирует готовые продольные профили с возможностью их дальнейшего редактирования. Автоматически проектируются проезжие части и обочины всех съездов, добавляются переходно-скоростные полосы с параметрами, соответствующими категориям и продольным уклонам главных трасс. Полностью выполняется вертикальная и горизонтальная увязка съездов с основными трассами, выполняется проектирование виражей (рис. 4). Качество построенной проектной поверхности можно оценивать по изолиниям, в окне 3D-вида и многими другими инструментами системы.

На базе двух главных трасс может быть создано несколько вариантов развязки для их сравнительной оценки по различным критериям: общая площадь развязки, объёмы земляных работ, показатели безопасности движения и пр.

### Контроль обеспечения водоотвода

В проекте вертикальной планировки транспортной развязки необходимо решить задачу водоотведения как

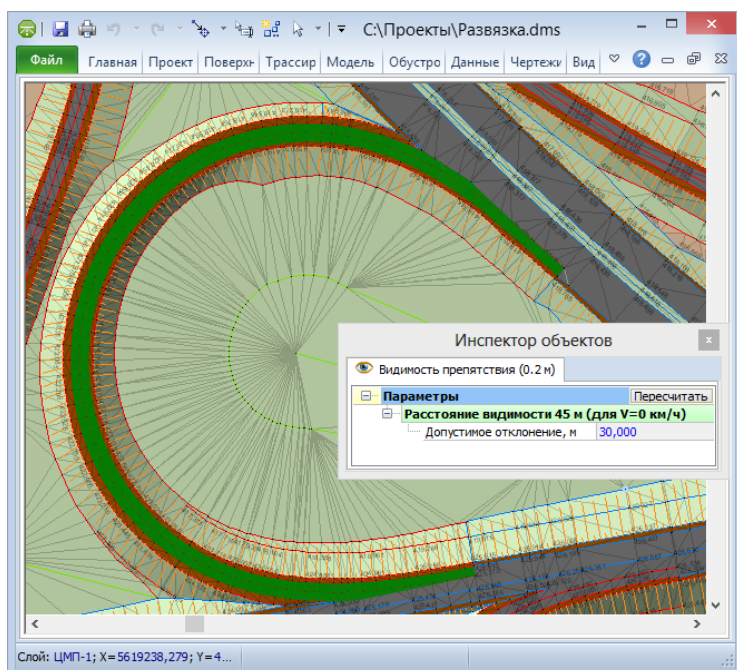


Рис. 8. Картограмма видимости для съезда

с поверхности проезжей части основных дорог и съездов, так и из замкнутых контуров, образуемых съездами. Для отведения воды из замкнутых контуров, как правило, поверхность земли внутри контура моделируется таким образом, чтобы обеспечить сток воды в определённое место в соответствии с общим направлением стока с территории, на которой расположена транспортная развязка [2]. Далее в этих местах проектируются водоотводные сооружения.

Чтобы убедиться в правильности проектных мер по отведению воды, система IndorCAD предлагает удобные и наглядные инструменты. Для контроля эффективности принятых мер можно отобразить на проектной поверхности так называемые «зоны затопления» — участки, которые останутся под водой, если «пройдёт сильный дождь» (рис. 5). На зонах затопления специальной меткой показывается самое глубокое место. Если в этом месте разместить входной оголовок водопропускной трубы, а её выходной оголовок — на нижерасположенный участок, с которого водоотвод обеспечен, то можно убедиться, что отвод воды с территории замкнутого контура обеспечен.

Следует отметить, что такой инструмент анализа позволяет выявить в замкнутых контурах возможные места застоя воды: если после создания водоотводного сооружения в контуре останутся «лужи», значит — организация водоотведения выполнена не совсем правильно.

### Инженерное обустройство транспортных развязок

Важным мероприятием для проектирования организации безопасного движения на транспортных развязках является решение вопросов их инженерного обустройства, включающего

в себя устройство ограждений, направляющих устройств, расстановку дорожных знаков, разметку проезжей части и т.д. Проектирование инженерного обустройства в полной мере представлено в системе IndorCAD, включая формирование специализированных ведомостей по всем объектам. Инструменты системы позволяют создавать дорожные ограждения, сигнальные столбики, наносить разметку проезжей части, размещать дорожные знаки (рис. 6).

Обустройство современной транспортной развязки дорожными знаками невозможно без предварительных указателей направлений, поскольку развязки, как правило, занимают большую площадь, и поэтому водитель не может видеть всей транспортной развязки, а также могут иметь сложную схему, что не позволит правильно выбрать нужное направление. В связи с этим особенно востребованной становится задача разработки знаков индивидуального проектирования для создания предварительных указателей направлений, которая также решена в системе IndorCAD (рис. 7).

### Оценка расстояния видимости на развязке

Отдельного внимания заслуживает вопрос обеспечения видимости на транспортной развязке. При движении по развязке должна быть обеспечена боковая видимость на всём протяжении основных дорог и съездов, видимость при движении на кривых, видимость в зонах выезда со съездов на основную дорогу [5].

Очевидно, что использование традиционных способов оценки видимости отдельно в плане и продольном профиле не позволит решить задачу проверки видимости на транспортной развязке, ведь эти методы не учитывают влияние раз-

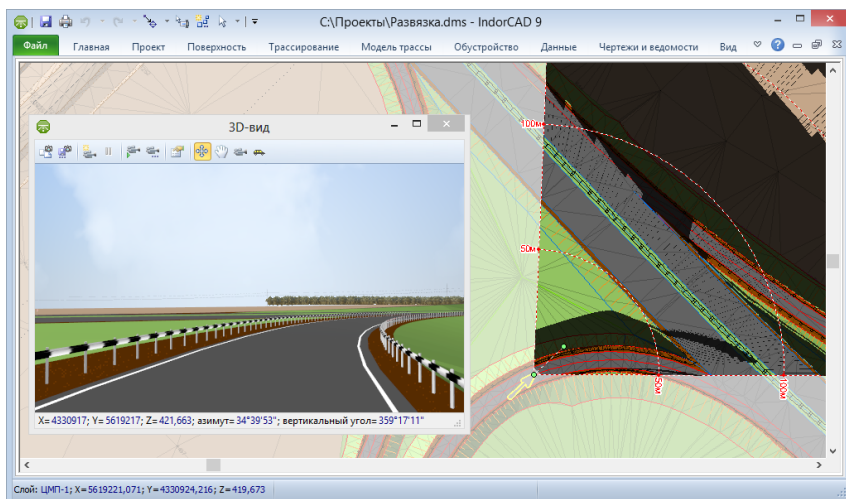


Рис. 9. Анализ видимости «методом теней» при выезде на основную дорогу

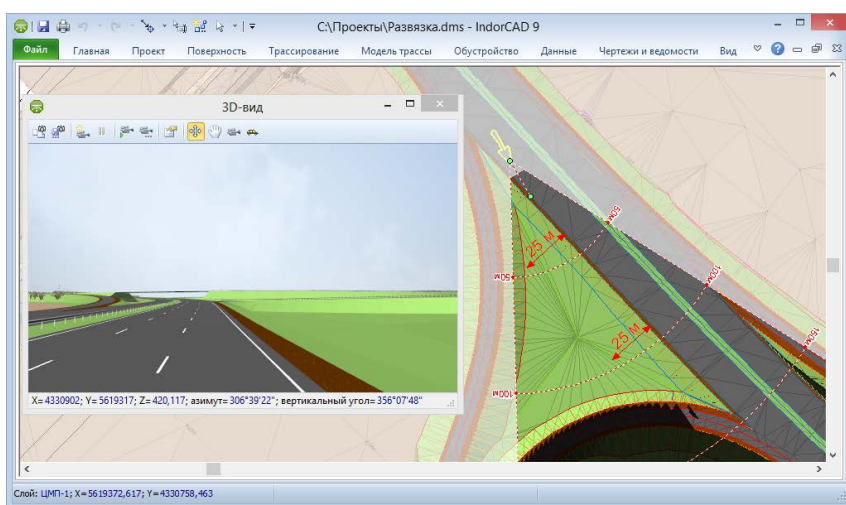


Рис. 10. Анализ боковой видимости «методом теней»

личных объектов, находящихся в зоне расположения развязки. Например, видимость в плане на криволинейных участках съездов может быть ограничена при наличии внутри кривых различных строений и насаждений, видимость в зоне выезда со съезда может быть значительно снижена из-за наличия дорожных ограждений, дорожных знаков и т.д.

Таким образом, провести комплексную проверку видимости на транспортной развязке можно только по 3D-модели местности и проектного решения. Для этой цели в системе проектирования автомобильных дорог IndorCAD реализован расчёт пространственной видимости методом 3D-моделирования. Он позволяет комплексно проанализировать всю цифровую модель местности, включающую в себя трёхмерную модель существующей поверхности и поверхности дороги, и все объекты, расположенные на ней: здания, зелёные насаждения, дорожные зна-

ки, рекламные щиты, шумозащитные экраны и пр.

Для анализа видимости при движении на кривых можно построить картограмму видимости. Картограмма рассчитывается сразу по всему съезду и показывает зелёным цветом участки, на которых обеспечено минимальное расстояние видимости, заданное для съезда, а красным цветом — участки, где видимость не обеспечена (рис. 8).

Оценка видимости в зонах выезда со съездов на основную дорогу выполняется «методом теней». В этом методе используется виртуальный мощный источник света, исходящий из точки расположения глаз водителя. При этом от всех предметов, расположенных на пути его лучей, отбрасываются тени. Те участки поверхности, которые оказались в тени, не видны, поскольку загорожены какими-либо объектами. По затенённым участкам можно составить «карту теней» для заданной точки обзора. При наложении полученного результата на план получает-

ся наглядное отображение невидимых водителю зон.

Для расчёта видимой зоны на участке выезда на основную дорогу достаточно расположить камеру на съезде на высоте глаз водителя и направить угол обзора на зону минимальной видимости (рис. 9). Если в зоне нет затенённых участков, значит — видимость обеспечена. Таким образом можно убедиться, достаточна ли длина обзора участка основной дороги для безопасного выезда на неё.

Аналогично можно оценить боковую видимость: расположить камеру на основной дороге на крайней полосе движения и убедиться, обеспечено ли расчётное расстояние боковой видимости от кромки проезжей части (рис. 10).

### Расчёт коридоров движения транспортных средств

Радиусы левоповоротных съездов на транспортных развязках по типу



«Клеверный лист» обычно варьируются в пределах 60–100 м. Однако в стеснённых условиях, например, при проектировании в городе, величина радиусов может быть существенно уменьшена. В связи с этим возникает необходимость проверки возможности проезда по съездам крупногабаритных и длинномерных транспортных средств.

В зарубежной практике (США, Германия и др.) при оценке проектного решения уже давно широко применяется процедура проверки возможности проезда крупногабаритных транспортных средств по сложным участкам. Для этого выполняется расчёт коридоров движения, возникающих при проезде транспортных средств по заданным траекториям.

В девятом поколении программных продуктов «ИндорСофт» реализована возможность расчёта коридоров движения транспортных средств. Следует отметить наличие библиотеки типовых транспортных средств, из которой можно выбрать модель автомобиля для расчёта. При необходимости можно в специальном конструкторе создать новую модель расчётного автомобиля. Коридор движения отображается на плане и позволяет легко определить участки, в которых недостаточно места для осуществления манёвра (рис. 11). Эта информация даёт возможность сделать важный вывод о том, позволяет ли геометрия съездов транспортной развязки обеспечить безопасный проезд по ним транспортных средств определённой конфигурации и габаритов (длинномерные транспортные средства, автопоезда и пр.), и, если нет, — принять необходимые меры: внести изменения в существующий проект, изменив радиусы съездов, или же полностью изменить проектное решение.

Учитывая возможность эскизного моделирования нескольких вариантов транспортной развязки в одном проекте, можно говорить о том, что моделирование движения различных транспортных средств по соответствующим траекториям меняет сам подход к проектированию, когда уже на начальном этапе можно выявить недостатки каких-либо решений и внести соответствующие модификации [6].

## Выводы

Задача автоматизации процесса проектирования транспортных развязок становится всё более востребованной в настоящее время, и связано это как с увеличением общего количества проектов развязок, так и с ограниченными временными рамками на выполнение проектов. Проектирование транспортной развязки требует комплексного подхода, при котором учитывается всё многообразие факторов, влияющих на финальное проектное решение, а также максимальной автоматизации всех рутинных и трудоёмких процессов. Особо следует отметить, что эффективное и качественное выполнение проекта развязки возможно только при наличии

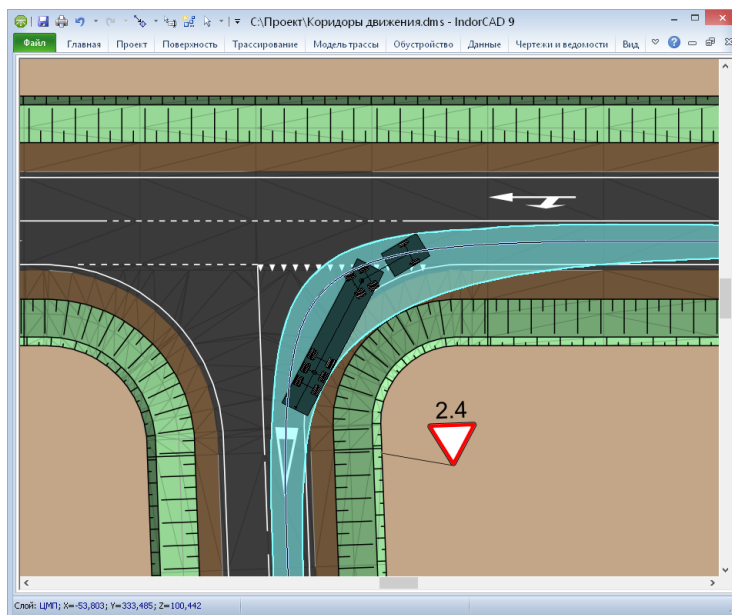


Рис. 11. Оценка коридора движения транспортного средства при движении по съезду

полноценной 3D-модели проекта и современных инструментов для её анализа.

Модуль по проектированию транспортных развязок в составе САПР IndorCAD был апробирован при вариантном моделировании транспортной развязки на автомобильной дороге «Новосибирск — аэропорт Толмачёво» в районе международного выставочного комплекса ООО «Сибирь Экспоцентр» (г. Новосибирск). Работы выполнялись специалистами инженерной группы ООО «Индор-Мост».

## Литература:

1. ВСН 103–74 Технические указания по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1975.
2. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог: Учеб. пособие для авт.-дор. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1989. 319 с.
3. Бойков В.Н. САПР АД — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
4. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.
5. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85. М., 2013.
6. Елугачёв П.А., Катасонов М.А., Елугачёв М.А. Обоснование ширины и количества полос движения на кольцевых пересечениях автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 26–30.



# Комплексный подход к решению задач водоотведения в IndorCAD

Петренко Д.А., технический директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)  
Андрющенко Д.П., разработчик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)  
Шаймарданов М.Ш., разработчик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Рассматриваются возможности САПР IndorCAD в части анализа обеспеченности водоотвода и расчёта зон водосбора с учётом искусственных средств водоотведения.*

Одной из важнейших задач при проектировании линейных сооружений, таких как автомобильные или железные дороги, а также площадных объектов (внутриквартальные проезды, парки, скверы, объекты дорожного сервиса) является обеспечение водоотвода с проектируемой территории [1]. Неотведённая вода, скапливаясь в виде луж, доставляет массу неудобств пешеходам и существенно снижает безопасность движения транспортных средств. Кроме того, при наличии даже небольших трещин в покрытии дороги или тротуара вода, попавшая в трещину, продолжит разрушать покрытие, если температура окружающей среды опустится ниже 0°C. Таким образом, необеспеченный водоотвод негативно сказывается как на безопасности движения, так и на стоимости содержания объекта. В связи с этим решение задачи обеспечения поверхностного водоотвода является обязательной составляющей любого проектного решения.

Многие мероприятия по обеспечению поверхностного водоотвода уже заложены в СНиПе 2.05.02–85\* [2] в виде пунктов правил, простое соблюдение которых позволяет получать проектную поверхность, с которой вода будет уходить. Это нормы на поперечные уклоны, ограничения на минимальный продольный уклон, требования к проектированию пилообразного

профиля по лотку на участках улиц, где продольный уклон менее 4‰ и т.д.

Однако правила, прописанные в СНиПе, лишь регламентируют мероприятия по отведению воды с «рабочих» поверхностей (проезжих частей, тротуаров) и придорожной полосы (кюветы). Для понимания же как, куда и сколько воды будет перетекать при, например, затяжном дожде или сильном ливне, нужны инструменты для анализа модели рельефа с учётом искусственных средств водоотведения (дождеприёмные колодцы, водопропускные трубы).

Существуют разные методы математического моделирования стоков с водосборов [3–7]. Наиболее точный из них — моделирование перемещения воды методом конечных элементов на основе законов гидродинамики [8]. Однако этот метод имеет два существенных недостатка. Во-первых, очень большое, неприемлемое для применения в большинстве случаев время расчёта. В наше время инженеру нужны интерактивные инструменты, умеющие в реальном времени реагировать на изменение поверхностей [9]. Второй недостаток метода конечных элементов — ориентированность данного метода на регулярные модели поверхности, которые практически не применяются при проектировании линейно-протяжённых объектов. Альтернативой



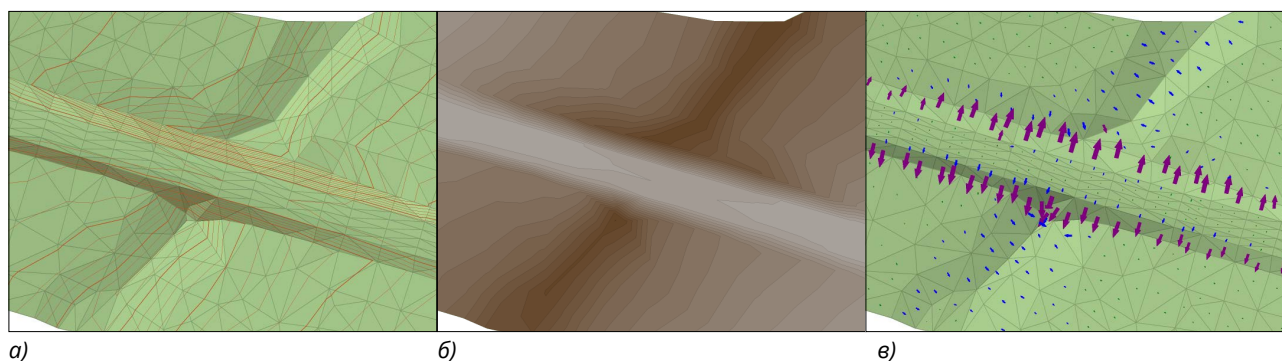


Рис. 1. Базовые инструменты анализа водоотвода:  
а) изолинии, б) изоконтур, в) градиенты стоков

могут быть приближённые (учитывающие меньшее количество факторов) алгоритмы расчётов, основанные на анализе геометрии модели поверхности.

### Базовые инструменты

Практически все САПР, ориентированные на проектирование линейных сооружений и площадных объектов, содержат базовые инструменты для анализа модели рельефа: это хорошо всем знакомые изолинии (рис. 1а), изоконтур (рис. 1б), а также стрелки уклонов поверхности, которые показывают градиент стока в каждом треугольнике модели рельефа (рис. 1в).

Однако с помощью таких инструментов произвести визуальный анализ рельефа на предмет обеспечения водоотвода можно лишь локально, на небольшом участке, поскольку удержать в голове всю «картину», чтобы комплексно оценить водоток на рельефе человек не в состоянии.

Существенно более развиты инструменты анализа водоотведения в САПР IndorCAD компании «ИндорСофт». Помимо перечисленных базовых инструментов, в IndorCAD реализован расчёт «зон затопления». Программа анализирует модель рельефа и вычисляет участки, которые останутся под водой, если «пройдёт сильный дождь». Алгоритм расчёта допускает некоторые упрощения физики процесса: предполагается, что вода обладает абсолютной текучестью, а также совершенно не умеет впитываться в поверхность и испаряться с неё. Из-за отсутствия информации о рельефе за пределами модели поверхности предполагается, что вода может безнаказанно «стекать» с границ поверхности.

Зоны затопления отображаются на плане и в 3D-виде, а также в сечениях (профилях), предупреждая инженера о возможности скопления воды на том или ином участке (рис. 2). Наглядная визуализация зон затопления позволяет легко выявить участки поверхности с небезопасным водоотводом и помогает опреде-

лить необходимые инженерные мероприятия по борьбе с затоплением.

### Расчёт русел

В девятом поколении программных продуктов «ИндорСофт» [10] инструменты анализа поверхности дополнились возможностью расчёта и отображения «русел» — рёбер треугольников поверхности, по которым осуществляется сток воды. При расчёте русел дополнительно рассчитывается объём воды, который будет протекать по рёбрам поверхности, образующим «ложбины». В результате инженер получает изображение плана с наглядным отражением картины перемещения водных масс по площади водосбора (рис. 3).

Используя новую возможность, можно не только рассчитать участки, где останется вода после прекращения дождя, но и спрогнозировать места основных потоков воды, которые могут размывать (разрушать) поверхность склонов, а также принять меры к недопущению размывов откосов и кюветов.

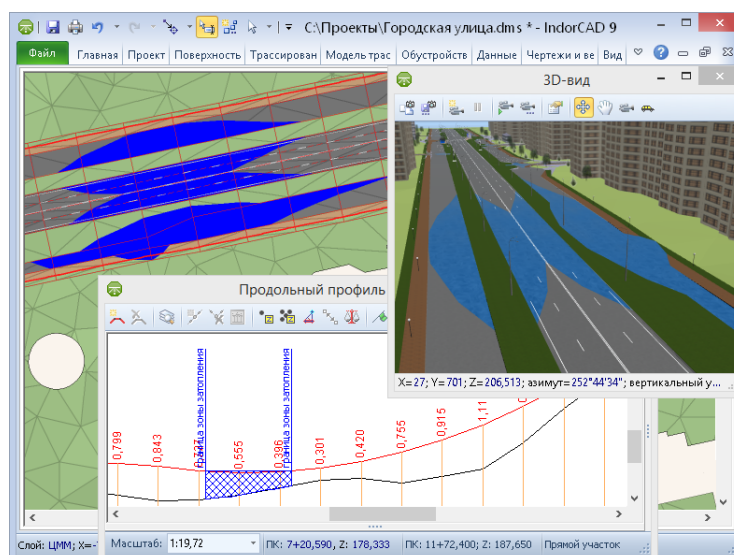


Рис. 2. Отображение зон скопления воды в разных проекциях



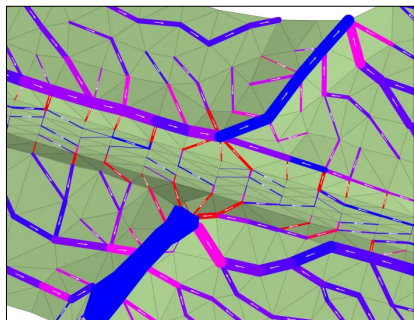


Рис. 3. Визуализация водотоков в плане

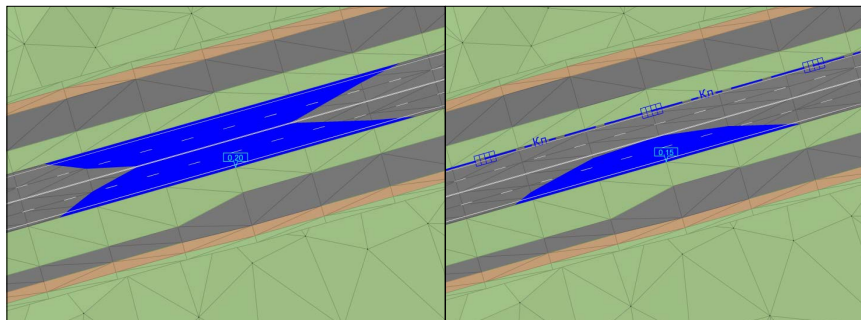


Рис. 4. Влияние объектов ливневой канализации на расчёт зон затопления: а) неотведённая вода на проезжей части без ливневой канализации, б) отведение воды с одной стороны проезжей части с помощью ливневой канализации

Наглядная визуализация зон затопления позволяет легко выявить участки поверхности с необеспеченным водоотводом и помогает определить необходимые инженерные мероприятия по борьбе с затоплением.

Для анализа участков, подверженных размыву, важен не только объём воды, проходящий по рёбрам модели рельефа, но и скорость потока, зависящая от уклона поверхности. Поэтому система IndorCAD при выводе результатов анализа отображает потоки как разными толщинами (в зависимости от объёма воды), так и разными цветами (в зависимости от скорости потока).

### Учёт средств водоотведения

Описанные выше инструменты анализа зон затопления позволяют увидеть картину водотока по рельефу. Но важно не только уметь оценивать водоток, но и иметь возможность видеть, как изменит ситуацию присутствие в модели тех или иных средств водоотведения.

Важным расширением инструмента расчёта зон затопления является возможность учёта искусственных средств водоотведения, таких как колодцы ливневой канализации и водопропускные трубы. Где следует располагать такие средства — подскажет сама программа. IndorCAD показывает, где находится самое глубокое место в местах скопления воды и подписывает глубину зоны затопления.

Учёт дождеприёмных колодцев делается с допущением, что колодец «умеет» отводить воду в неограниченном количестве, поэтому уровень воды в «луже», рассчитанной просто по модели рельефа, будет понижен до отметки решётки колодца (рис. 4).

Дополнительно учитываются водопропускные трубы, принадлежащие поверхности: если положить водопропускную трубу входным оголовком в потенциальную «лужу», а выходным — на

участок поверхности, с которого водоотвод обеспечен, уровень воды в «луже» будет понижен до отметки входного оголовка (рис. 5), а потоки, которые приводили к образованию лужи, появятся на выходном оголовке трубы.

### Редактор водопропускных труб

Водопропускные трубы давно используются в IndorCAD. Поскольку труба — это не просто линия в плане, а трёхмерный объект, имеющий третью координату (отметки оголовков), программа автоматически вычисляет отметку пересечения трубы с осью трассы, благодаря чему трубы отображаются в редакторе и на чертеже продольного профиля. По точкам пересечения труб с осями линейно-протяжённых объектов формируются ведомости существующих водопропускных труб. Похожим образом могут создаваться и проектные трубы. Отличие лишь в том, что проектную трубу нельзя разместить в произвольном месте на плане, поскольку координаты оголовков трубы определяются её пикетажным положением на трассе, углом пересечения оси и расстояниями от оси трассы до оголовков.

Некоторые дополнительные параметры (диаметр, число очков, материал и пр.), которые можно задать в свойствах как существующих, так и проектных водопропускных труб, оказывают влияние на подписи к трубам при их отображении на плане и в профилях. При желании легко получить чертёж сечения поверхности по водопропускной трубе.

В 2014 году в IndorCAD планируется включить мощный специализированный редактор водопропускных труб, позволяющий при необ-

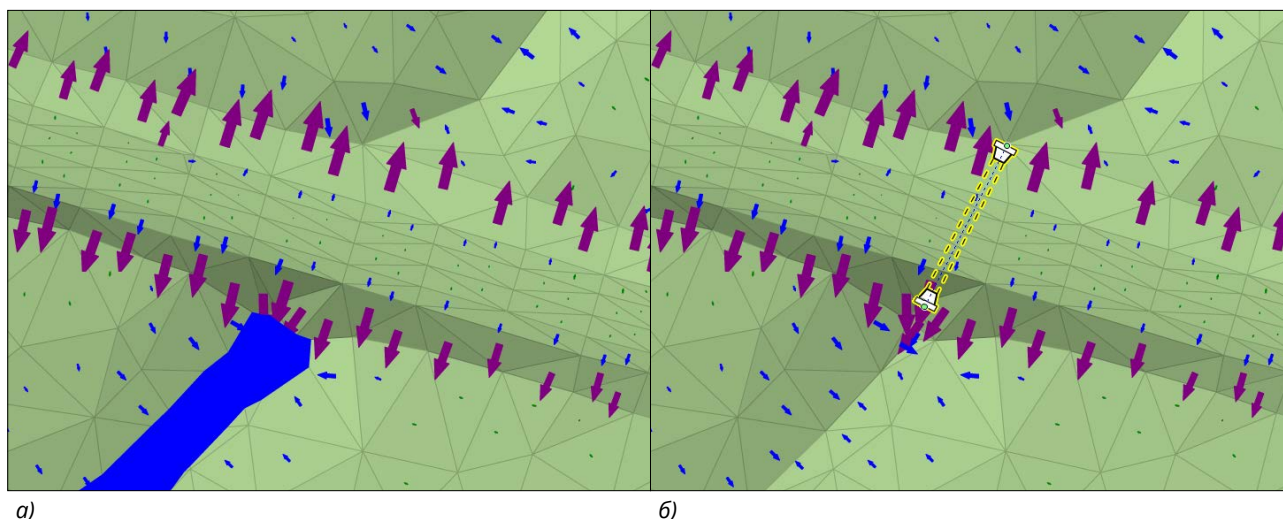


Рис. 5. Учёт водопропускных труб при расчёте зон затопления:  
а) без водопропускного сооружения, б) с водопропускным сооружением

ходимости гораздо более детально моделировать водопропускные трубы (включая оголовки) и строить полноценную трёхмерную модель водопропускного сооружения непосредственно в системе проектирования автомобильных дорог. Редактор позволяет создавать несколько вариантов конструкции одной водопропускной трубы, формировать чертежи создаваемой конструкции. Информация о насыпи берётся автоматически из модели проектной поверхности, в которой располагается моделируемый объект.

Редактор водопропускных труб будет также доступен как самостоятельное приложение IndorCulvert, в котором можно моделировать трубы и формировать чертежи (план, сечение, оголовки). В одном файле проекта могут быть собраны несколько объектов труб, каждый из которых может иметь несколько вариантов конструкций трубы (рис. 6). При использовании редактора

в качестве отдельного приложения по каждому объекту необходимо ввести информацию о насыпи, в которой проходит труба.

## Заключение

Разработанные и реализованные в IndorCAD алгоритмы расчёта стоков с водосборов позволяют решать различные задачи при проектировании объектов промышленного, гражданского и транспортного строительства: от моделирования в режиме реального времени ливневого стока и вычисления площадей водосборов до проектирования элементов систем водоотведения, что позволяет более полно подойти к процессу проектирования в рамках одного программного продукта. ■

## Литература:

1. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн. 1: Учебник. М.: Высш. шк., 2009. 646 с.
2. СНиП 2.05.02-85\*. Автомобильные дороги. М., 2004.
3. Киселёв П.Г. Справочник по гидравлическим расчётам. М.: Гос. энергетическое изд-во, 1957.
4. Кузник И.А., Луконин Е.И., Пилипенко В.Я. Гидрология и гидрометрия. Л.: Гидрометеоиздат, 1974.
5. Международное руководство по методам расчёта основных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоиздат, 1989.
6. СП 33-101-2003 Определение основных расчётных гидрологических характеристик. М., 2004.
7. Коваленко В.В., Викторова Н.В., Гайдукова Е.В. Моделирование гидрологических процессов. СПб.: РГГМУ, 1993.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
9. Бойков В.Н. САПР АД — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
10. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.

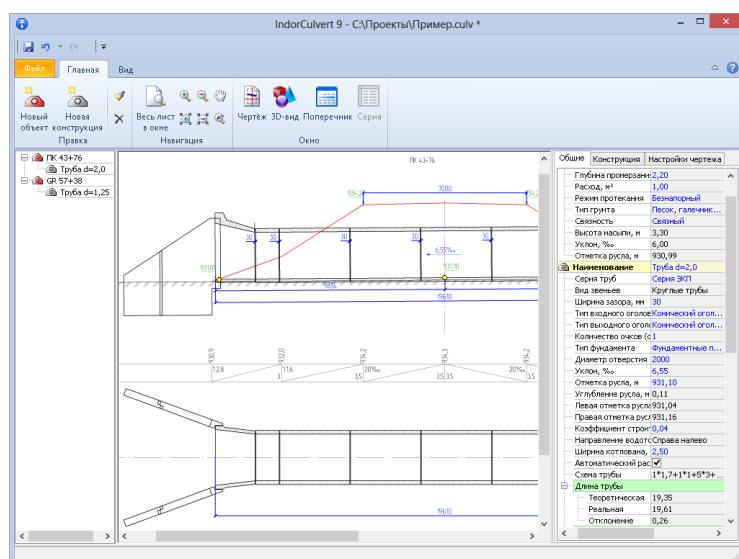


Рис. 6. Редактор водопропускных труб IndorCulvert

# Автоматизированная аэрофотосъёмка с помощью программно-аппаратного комплекса «GeoScan-PhotoScan»

Иноземцев Д.П.,  
менеджер проектов ООО «Геоскан» (г. Санкт-Петербург)

## Введение

Аэрофотосъёмка как вид дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) — это наиболее производительный метод сбора пространственной информации, основа для создания топографических планов и карт, создания трёхмерных моделей рельефа и местности. Аэрофотосъёмка выполняется как с пилотируемых летательных аппаратов — самолётов, дирижаблей и аэростатов, так и с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Задача получения ортоскопического фотографического изображения определённого участка местности (ортофотоплан) и объёмной модели местности разделяется, как правило, на две задачи.

**Первая задача** — это планирование и выполнение фотографирования заданного участка местности с воздуха со строго оговоренными требованиями к размеру, качеству и взаимному расположению фотографий (рис. 1).

**Вторая задача** — это фотограмметрическая обработка массива фотографий и данных телеметрии с целью получения готовой продукции.

Готовой продукцией могут быть как ортофотопланы, так и трёхмерные модели местности — растровые и векторные, — созданные в определённых форматах распространённых программных средств.

## Аэрофотосъёмка

Преимуществом БПЛА перед пилотируемыми воздушными судами является, прежде всего, стоимость производства работ, а также значительное уменьшение количества регламентных операций. Само отсутствие человека на борту самолёта значительно упро-

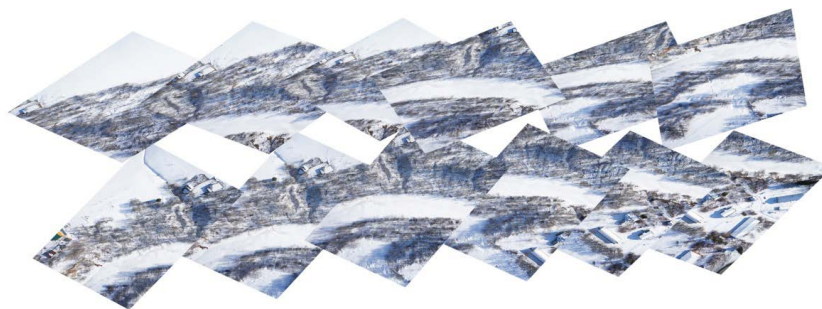
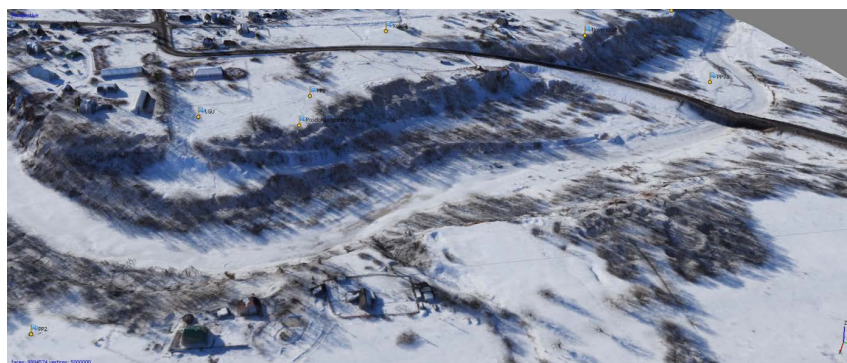


Рис. 1. Участок местности для фотографирования и получаемый набор снимков



щает подготовительные мероприятия для проведения аэрофотосъёмочных работ.

**Во-первых**, не нужен аэродром, даже самый примитивный. БПЛА запускаются или с руки, или с помощью специального взлётного устройства — катапульты.

**Во-вторых**, особенно при использовании электрической двигательной схемы, отсутствует необходимость в квалифицированной технической помощи в обслуживании летательного аппарата; не так сложны мероприятия по обеспечению безопасности на объекте работ.

**В-третьих**, отсутствует или намного увеличен межрегламентный период эксплуатации БПЛА по сравнению с пилотируемым воздушным судном. Данное обстоятельство имеет большое значение при производстве аэрофотосъёмки в удалённых районах нашей страны. Как правило, полевой сезон аэрофотосъёмочных работ короток, каждый погожий день необходимо использовать для производства съёмки.

Современный БПЛА — это не просто миниатюрная модель самолёта или вертолёт. Современный БПЛА — это совершенное техническое устройство, использующее все самые современные разработки в области микроэлектроники и программирования, химии полимеров и композитных материалов, навигационного и фотографического оборудования.

Корпуса БПЛА изготавливаются из лёгкого пластика, например углепластика или кевлара, чтобы защитить дорогостоящую фотоаппаратуру и средства управления и навигации. Крылья изготавливаются из пластика или экструдированного пенополистирола (ЕРР). Этот материал лёгок, достаточно прочен и не ломается при ударе. Деформированную деталь из ЕРР зачастую можно восстановить подручными средствами.

При посадке БПЛА на парашюте его корпус может выдержать несколько сотен полётов без ремонта. Текущий ремонт БПЛА, как правило, заключается в смене частей корпуса — крыльев, элементов фюзеляжа. Производители стараются удешевить части корпуса, подверженные износу, чтобы расходы пользователя на поддержание БПЛА в рабочем состоянии были минимальными.

На БПЛА может быть установлена бензиновая или электрическая силовая установка.

Бензиновый двигатель обеспечит намного более продолжительный полёт, т.к. в бензине, в расчёте на килограмм, запасено в 10–15 раз больше энергии, чем можно сохранить в самом лучшем аккумуляторе. С другой стороны, бензиновая силовая установка сложна и потому менее надёжна. Для подготовки бензинового БПЛА к старту нужно намного больше времени. БПЛА с бензиновым двигателем крайне сложно перевозить к месту работ на самолёте. Наконец, он требует от оператора высокой квалификации. Поэтому применение бензинового БПЛА имеет смысл только в тех случаях, когда необходима очень большая продол-

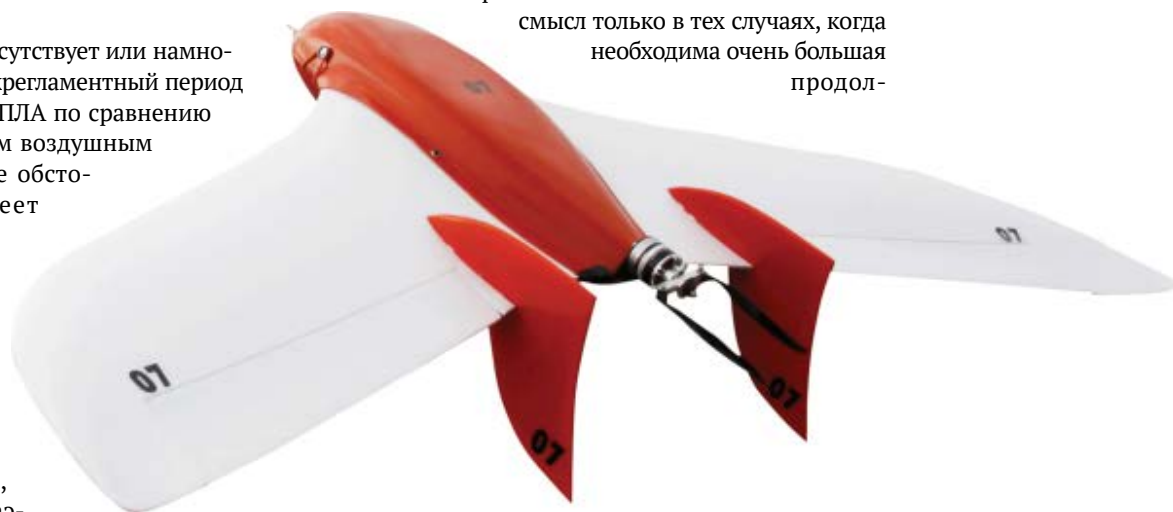


Рис. 2. БПЛА Geoscan 101 с электрическим двигателем

жительность полёта — для непрерывного мониторинга, для обследования особо удалённых объектов.

Электрическая двигательная установка, напротив, очень нетребовательна к уровню квалификации обслуживающего персонала (рис. 2). Современные аккумуляторные батареи могут обеспечить длительность непрерывного полёта до 4 часов и более. Обслуживание электрического двигателя совсем не сложно. В основном это только защита от влаги и грязи, а также проверка напряжения бортовой сети, что осуществляется с наземной системы управления. Зарядка аккумуляторов осуществляется от бортовой сети сопровождающего автомобиля или от автономного

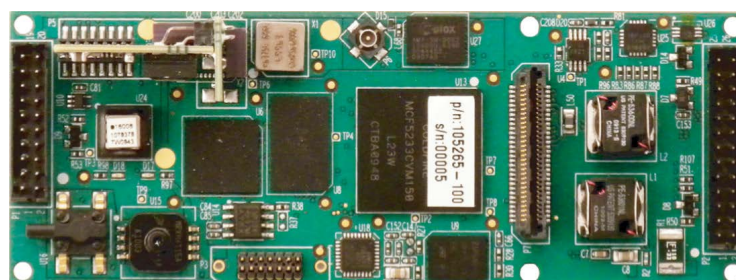


Рис. 3. Автопилот Micropilot

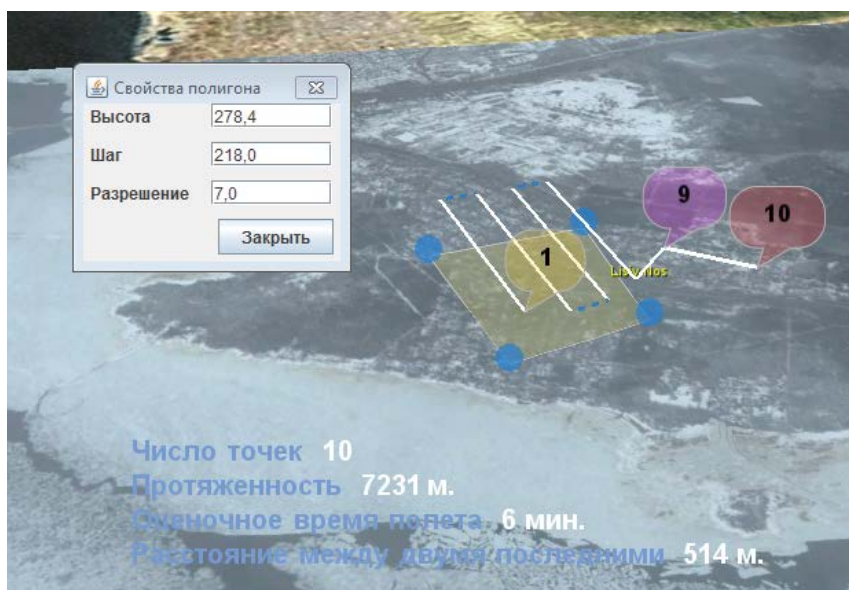


Рис. 4. Вид полётного задания на экране наземной системы управления БПЛА

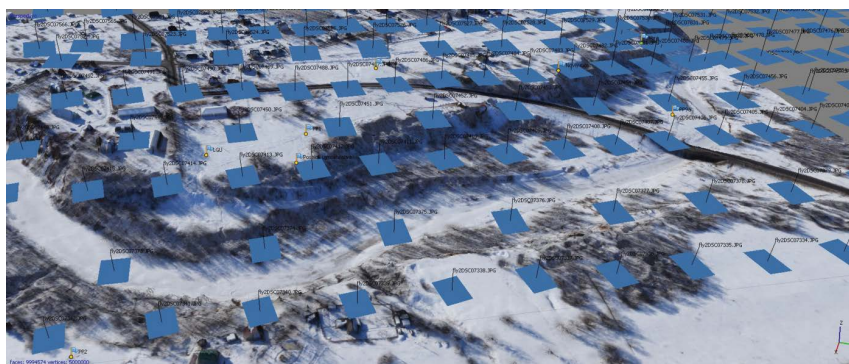


Рис. 5. Участок местности с изображением маршрутов выполненной аэрофотосъёмки. Синие прямоугольники — позиции аэрофотоснимков в процессе их получения в полёте

электрогенератора. Бесколлекторный электрический двигатель БПЛА практически не изнашивается.

Автопилот БПЛА весит всего 20–30 г. Но это очень сложное изделие (рис. 3). В автопилоте, кроме мощного процессора, установлено множество датчиков — трёхосевые гироскоп и акселерометр (а иногда и магнитометр), ГЛОНАСС/GPS-приёмник, датчик давления, датчик воздушной скорости. С этими приборами БПЛА сможет летать строго по заданному курсу.

В БПЛА имеется радиомодем для загрузки полётного радиомодема, а также для передачи в наземную систему управления телеметрических данных о полёте и текущем местоположении на участке работ.

Наземная система управления (НСУ) — это планшетный компьютер или ноутбук, оснащённый модемом для связи с БПЛА. Главное в НСУ — программное обеспечение для планирования полётного задания и отображения хода его выполнения (рис. 4).

Как правило, полётное задание составляется автоматически, по задан-

ному контуру площадного объекта или узловым точкам линейного объекта. Кроме того, существует возможность проектирования полётных маршрутов исходя из необходимой высоты полёта и требуемого разрешения фотоснимков на местности. Для автоматического поддержания заданной высоты полёта есть возможность учитывать в полётном задании цифровую модель местности в распространённых форматах.

Во время полёта на картографической подложке монитора НСУ отображается положение БПЛА и контуры снимаемых фотографий (рис. 5). Оператор имеет возможность во время выполнения полёта оперативно перенацелить БПЛА на другой район посадки и даже оперативно посадить БПЛА с «красной» кнопки НСУ. По команде с НСУ могут быть запланированы и другие вспомогательные операции, например выброс парашюта.

Кроме обеспечения навигации и управления полётом автопилот должен управлять фотоаппаратом для создания снимков с заданным меж-

кадровым интервалом (как только БПЛА пролетит заданное расстояние от предыдущего центра фотографирования). Если заранее рассчитанный интервал между соседними снимками не выдерживается стабильно, приходится настраивать время срабатывания затвора с таким расчётом, чтобы даже при попутном ветре продольное перекрытие было достаточным.

Автопилот должен регистрировать координаты центров фотографирования, регистрируемые геодезическим спутниковым приёмником ГЛОНАСС/GPS, чтобы программа автоматической обработки снимков смогла быстро построить модель и привязать её к местности (рис. 6). Требуемая точность определения координат центров фотографирования зависит от технического задания к выполнению аэрофотосъёмочных работ (рис. 7).

Аэрофотосъёмочное оборудование на БПЛА устанавливается в зависимости от класса БПЛА и цели его использования. На микро- и мини-БПЛА устанавливаются компактные цифровые фотокамеры, комплекту-







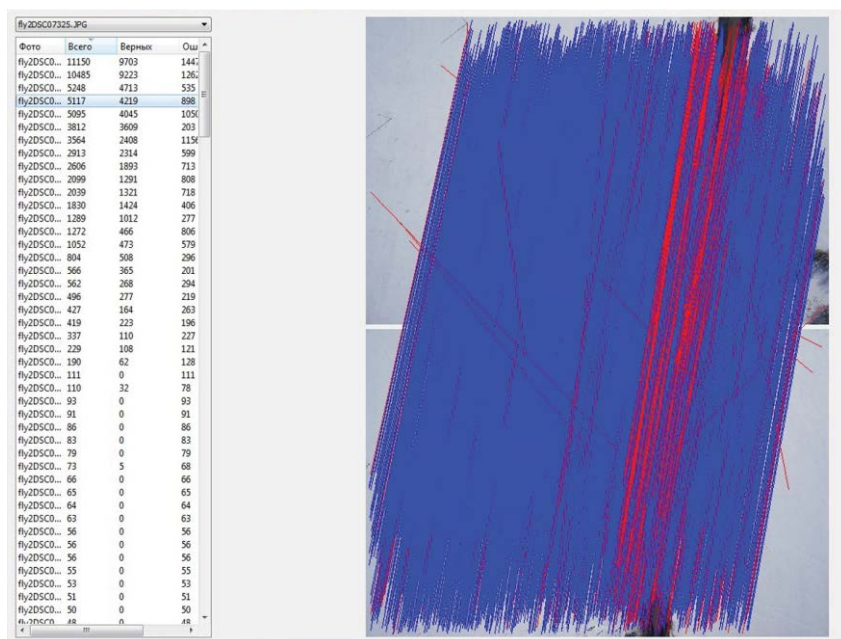


Рис. 8. Отчёт о поиске соответствующих пар точек для одного аэрофотоснимка в программе Agisoft PhotoScan

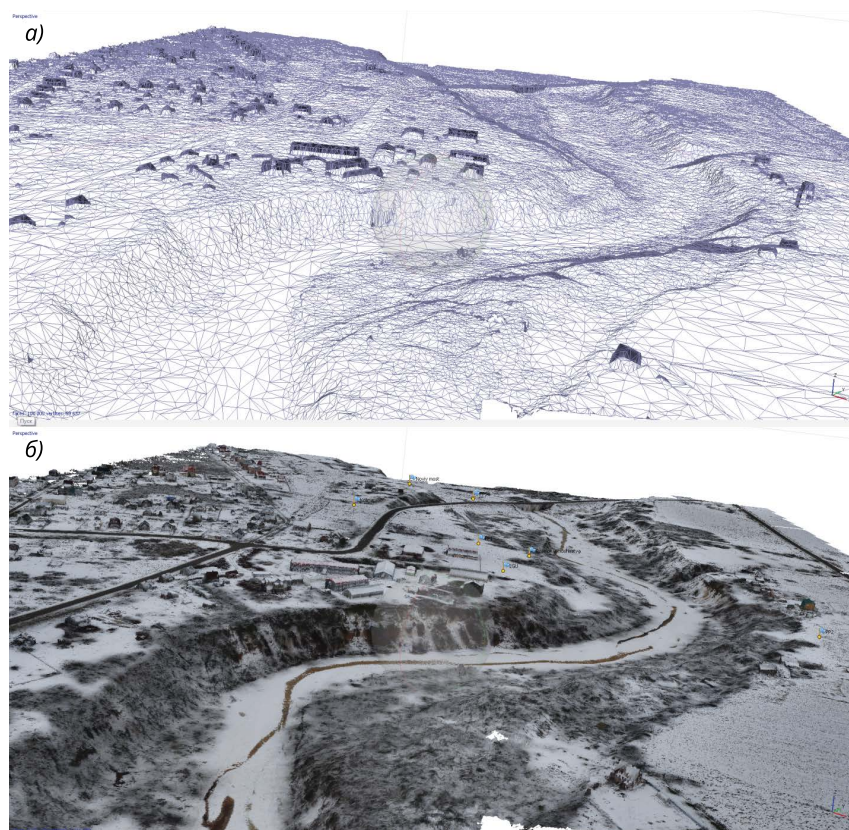


Рис. 9. Примеры итоговых 3D-моделей в форматах: а) TIN и б) 3D PhotoScan

пикселе. Применение коротко-, средне-, и длиннофокусных фотообъективов определяется характером получаемых готовых материалов: будь это модель рельефа или ортофотоплан. Все расчёты производятся так же, как и в «большой» аэрофотосъёмке.

Применение двухчастотной двухсистемной ГЛОНАСС/GPS спутниковой геодезической системы для определения координат центров снимков позволяет в процессе постобработки получить координаты центров фотографирования с точностью до 5 см.

При фотографировании метка времени, которая соответствует открытию фотозатвора, записывается в память геодезического приёмника. В процессе постобработки происходит определение координат центров фотографирования (КЦФ) с оценкой точности вычислений.

## Выпуск готовой продукции

Полученный в результате выполнения аэрофотосъёмочного задания массив данных подлежит фотограмметрической обработке с помощью автоматизированного программного обеспечения. Большое число небольших по размерам фотографий в проекте ставят перед программой обработки сложную задачу по определению элементов взаимного ориентирования снимков в проекте (рис. 8).

Программа Agisoft PhotoScan использует на входе цифровые растровые изображения, координаты центров фотографирования, материалы калибровки оптических систем фотоаппаратов, координаты опорных точек на местности, контрольные линейные измерения на объекте съёмки. В результате обработки материалов фотосъёмки могут быть получены:

- трёхмерные модели местности в TIN и DEM форматах (рис. 9а);
- трёхмерные модели местности с текстурой из исходных фотоизображений (рис. 9б);
- трёхмерные модели местности в виде облаков точек;
- ортофотопланы заданного пользователем разрешения в пользовательских границах и нарезке (рис. 10).

В качестве исходных данных программное средство Agisoft PhotoScan использует:

- растровые фотографии в форматах: JPEG, TIFF, PNG, BMP, PPM, CR2, MPO;



Рис. 10. Пример получаемого ортофотоплана дорожной развязки

■ координаты центров фотографирования и опорных точек в формате TXT, CSV.

В программе Agisoft PhotoScan нет ограничений на величину фотографий и число одновременно обрабатываемых изображений. Соотношение «размер фотографий/число фотографий в блоке» определяется опытным путём, в зависимости от мощности вычислительной системы.

Координаты центров фотографирования и опорных точек могут быть представлены в любой из представленных в программе глобальных и зональных систем координат и картографических проекций. Также данные могут быть представлены в пользовательской прямоугольной системе координат.

Точность определения координат центров фотографирования и опорных пунктов напрямую влияет на точность построения модели. Соотношение точности координат центров снимков с точностью координат опорных точек (которые почти всегда определяются разными способами) регулируется весовыми коэффициентами.

Наряду с наличием процедуры калибровки оптической системы фотокамеры программными средствами существует возможность применения данных калибровки, выполненной в лабораторных условиях.

Во время получения параметров взаимного ориентирования определяется наличие одинаковых точек на всех снимках, каким-то образом пересекающихся друг с другом. Количество соответствующих точек на одном снимке предварительно ограничивается, но не бывает меньше нескольких тысяч.

В результате обработки материалов аэрофотосъёмки могут быть получены следующие виды данных:

■ облака точек в форматах: Wavefront OBJ, Stanford PLY, XYZ Point Cloud, ASPRS LAS;

■ 3D-модели в форматах: Wavefront OBJ, 3DS models, VRML, Stanford PLY, Autodesk DXF, COLLADA, U3D, Adobe PDF;

■ ортофотопланы в форматах: JPEG, PNG, TIFF, GeoTIFF, мозаика в формате Google Earth KML;

■ матрица высот в форматах: GeoTIFF, Arc/Info ASCII Grid (ASC), Band interleaved file format (BIL).

## Заключение

Можно говорить о том, что за последние 3–5 лет появилась доступная альтернатива получения качественных ортофотопланов и трёхмерных моделей местности в связи с развитием микроэлектроники и применением новых материалов в конструкции БПЛА.

Появилась реализация новых алгоритмов обработки фотоизображений — программа Agisoft PhotoScan, которая позволила автоматизировать традиционно трудоёмкие фотограмметрические процессы.

Ключевыми преимуществами БПЛА является невысокая стоимость (в сравнении с применением пилотируемой техники) и оперативность организации полётов.

Итоговые материалы фотограмметрической обработки данных аэрофотосъёмки, полученных с БПЛА, традиционно востребованы при проектировании объектов строительства, создании ГИС управления территориями, для моделирования условий окружающей среды. А регулярная повторная съёмка позволяет проводить мониторинг объектов, контролировать объёмы работ, вовремя выявлять процессы разрушения и т.д. ■

# Цифровая камера как практический геодезический инструмент: проблемы и решения

Джарроуш Д. (Jad Jarroush), Ph.D. в картографии и инженерной геоинформатике,  
технический директор Datumate (Израиль)

*Рассказывается о практическом использовании современных цифровых камер как геодезического измерительного инструмента. В качестве основной технологии предлагается наземная фотограмметрия, позволяющая определять геометрические свойства объектов по фотографическим изображениям. Особое внимание уделяется решению проблем наземной фотограмметрии: калибровка фотокамер и последующая обработка изображений. Для подтверждения работоспособности данного подхода приводится описание полевых испытаний и полученных в их ходе результатов.*

## Введение

В последнее десятилетие наблюдается крупный технологический прогресс в области цифровой фотографии. Прогресс привёл к значительному улучшению качества цифровых камер и увеличению на порядок разрешения изображений. На данный момент повышение качества цифровой фотографии сочетается со значительным уменьшением цен на цифровые фотокамеры. В результате геодезисты впервые получили возможность применять цифровые фотокамеры в качестве практического геодезического измерительного инструмента. Ежедневное использование цифровых камер для геодезических измерений может привести к беспрецедентному повышению производительности геодезических полевых групп. К сожалению, использование цифровой фотографии в качестве обычного инструмента для геодезических измерений имеет ряд ключевых геодезических и практических трудностей.

Задачи фотограмметрии можно разделить на несколько категорий. Первая категория — это задачи, связанные с тем, что преломление света в цифровой камере и внутри ПЗС-сенсора не является совершенным и приводит к различным искажениям изображения. Процесс калибровки камеры необходим для оценки искажения изо-

бражений и применения внутренней коррекции относительной позиции пикселей в ПЗС-сенсоре. Вторая категория — это математические задачи из области наземной фотограмметрии. В отличие от аэрофотограмметрии, когда небольшое количество изображений может охватить большую площадь, фотографирование с уровня земли затруднено из-за местных препятствий. Поэтому фотограмметрия с уровня земли обычно требует относительно большого числа изображений для полного покрытия области измерений. Это затрудняет работу геодезистов. Простой способ решения этой проблемы — использовать цифровую камеру выше уровня глаз фотографа с помощью штатива и пульта дистанционного управления. Это позволит уменьшить количество изображений, необходимых для покрытия области измерений. Измерение координат точки с изображений требует точной оцифровки пикселя на хотя бы трёх изображениях. Два изображения необходимы для расчёта координат, третье изображение — для контроля качества. Однако ручная оцифровка пикселя на трёх различных изображениях может привести к ошибкам, особенно если пиксель находится на одноцветной поверхности.

Эти проблемы увеличивают сложность использования наземной фотограмметрии в качестве



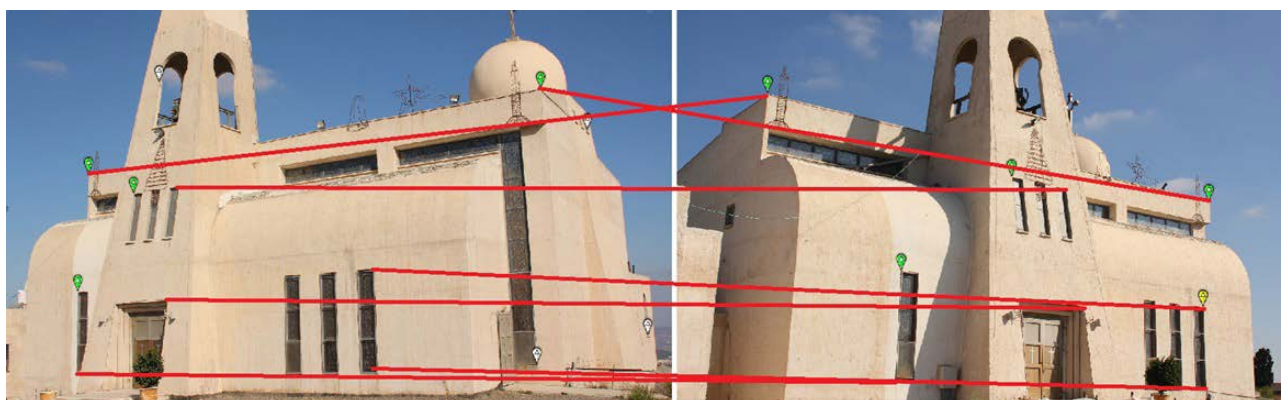


Рис. 1. Увязка пары изображений (красные линии связывают точки привязки)

инструмента для ежедневной работы геодезистов. К счастью, существуют различные решения этих проблем.

### Наземная фотограмметрия

Наземная фотограмметрия занимается измерением координат с изображений, сделанных на уровне земли. Использование соответствующего программного обеспечения для наземной фотограмметрии превращает экран компьютера в высокоточный инструмент наподобие теодолита. Координаты точек на цифровых изображениях заменяют горизонтальные азимуты и углы наклона. Однако в отличие от теодолита обычно трудно определить точную позицию камеры, её ориентацию или уровень. Более того, на изображении показывается только небольшой сегмент пространства вокруг камеры. Таким образом, определение точного расположения и ориентации камеры должно основываться на хорошо известных контрольных точках по всей области измерения. Этот процесс задействует обратное пересечение линий видимости в пространстве.

Наземная фотограмметрия имеет несколько ключевых преимуществ. Например, в случае возникновения сомнений, фотограмметрические измерения и расчёты координат можно выполнять, контролировать и проверять с помощью независимых групп. Измерения можно выполнить даже через несколько лет после фотографирования местности. Это может иметь важное значение при реконструкции архитектурных и исторических объектов.

### Обработка изображений для решения проблем наземной фотограмметрии

Многочисленные научные и коммерческие пакеты программного обеспечения для наземной фотограмметрии предлагают функции расчёта пространственных координат пикселя на изображении на основе выбора дополнительных изображений. Большинство пакетов программного обеспечения слишком сложны для ежедневного

использования и требуют значительных усилий для создания геодезического вывода в виде подробной карты фасада, топографической или аэрографической карты, трёхмерной модели здания и т.д. Как описано выше в первом разделе, большинство проблем использования возникают из-за того, что (а) требуется несколько изображений для покрытия области измерения из-за препятствий на местности; (б) необходимо выбрать один пиксель на нескольких изображе-

---

Наземная фотограмметрия имеет несколько ключевых преимуществ. Например, в случае возникновения сомнений, фотограмметрические измерения и расчёты координат можно выполнять, контролировать и проверять с помощью независимых групп. Измерения можно выполнить даже через несколько лет после фотографирования местности.

---

ниях, чтобы фотограмметрическая модель могла генерировать пространственное положение точки на местной или государственной сети. Для оценки масштаба практических проблем необходимо учесть, что фотограмметрическое решение системы изображений осуществляется одним из двух следующих методов.

Первый метод требует точного выбора хотя бы четырёх контрольных точек на каждом изображении с известными пространственными координатами. Это позволяет определить внешнюю ориентацию камеры при фотографировании изображений, а также относительную ориентацию изображений.

Второй метод связывает каждую пару изображений с помощью выбора нескольких точек привязки. Обычно используется шесть точек. Необходимо удостовериться, что эти точки расположены на области совмещения изображений (рис. 1). После связывания каждой пары изображений так, чтобы каждое изображение было связано хотя бы с одним изображением (желательно

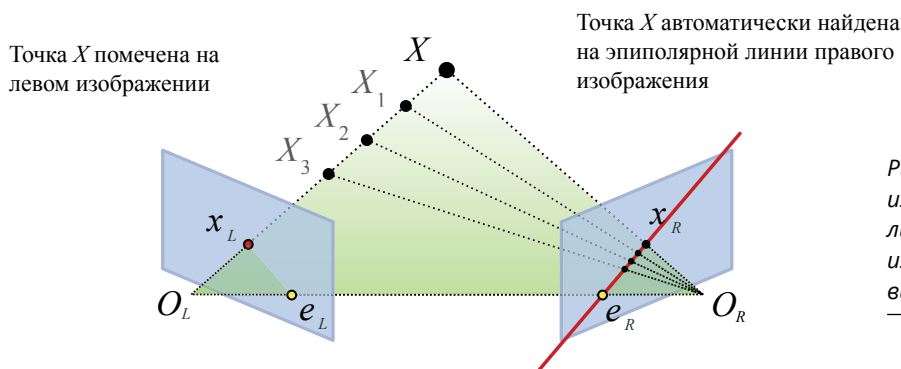


Рис. 2. Красная линия на правом изображении означает эпиллярную линию (линию совмещения изображений) точки  $X$ , выбранной на левом изображении

больше), можно вычислить относительную ориентацию изображений. Выбор хотя бы четырёх известных контрольных точек на системе изображений (необязательно на одном изображении) может связать фотограмметрическую модель с координатами системы местной или государственной сети и вычислить внешнюю ориентацию всех изображений.

Любой из этих методов можно использовать для вычисления точки на местной или государственной сети после выбора хотя бы двух изображений. На основе геометрических принципов можно показать, что эллипс ошибок позиции точки уменьшается в размере при приближении угла пересекающихся направлений изображений к  $90^\circ$  и является функцией  $1/\sin\alpha$  (рис. 2).

Однако из-за существования нескольких изображений для фотограмметрической привязки изображений необходимо выбрать хотя бы четыре известные контрольные точки на каждом изображении (первый метод выше) или выбрать хотя бы шесть точек привязки для каждой пары изображений (второй метод выше). Очевидно, что ручное выполнение

этой работы очень утомительно для геодезиста. Этот процесс не может заменять существующие методы вычисления координат в поле.

Кроме того, требуется дополнительная работа для точного выбора каждой точки на хотя бы трёх изображениях (третье изображение необходимо для контроля качества). Очевидно, что необходимо упростить этот процесс. К счастью, можно вычислить эпиллярную линию данной точки на любом изображении из пары изображений (рис. 3). Эпиллярная линия создаётся пересечением пространственных векторов между двумя точками  $O_L$  и  $O_R$  при известной ориентации изображений. После нанесения на втором изображении эпиллярной линии выбранной точки, понятно, что точка должна находиться на эпиллярной линии второго изображения. Нанесение эпиллярной линии может помочь пользователю быстрее найти точку на другом изображении.

Пример такого использования эпиллярной линии показан ниже на рисунке 3. Очевидно, что даже эта более короткая процедура всё ещё является трудоёмкой. Не так просто её приме-

нять к вычислению сотен или тысяч точек на многочисленных изображениях.

Решение проблем, возникающих из-за большого количества изображений и выбранных точек, обеспечивает программное обеспечение для наземной фотограмметрии. Программное обеспечение использует алгоритм автоматической обработки изображений, который а) автоматически находит гомологические точки (точки, совпадающие при наложении фигур) привязки между любой парой изображений и их относительную ориентацию; б) автоматически находит выбранную точку на одном изображении среди всех изображений, где она появляется. Таким образом, программное обеспечение для наземной фотограмметрии может преодолеть ключевые проблемы, которые мешают геодезистам использовать наземную фотограмметрию. Есть две задачи, которые можно решить с помощью такого алгоритма автоматической обработки изображений:

■ При заданной паре изображений на общей области совмещения алгоритм должен автоматически найти хотя бы



Рис. 3. Применение эпиллярной линии к точке на паре изображений с известной относительной ориентацией. Выбранная точка на левом изображении (белая метка) создаёт эпиллярную линию на правом изображении (жёлтая линия). Выбранная точка расположена на эпиллярной линии (красный крест)

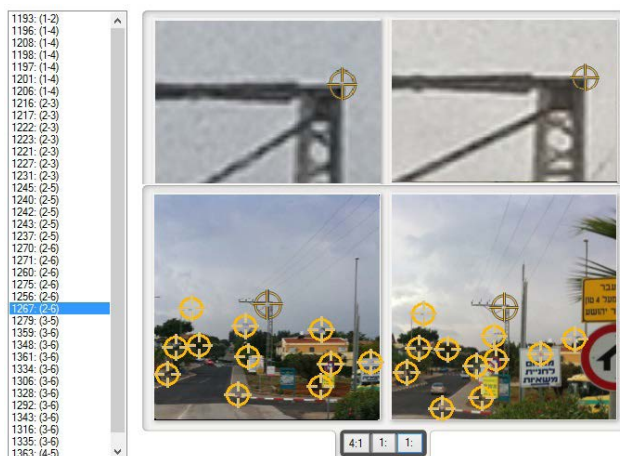


Рис. 4. Пример автоматического нахождения точек привязки на паре изображений и связывания изображений

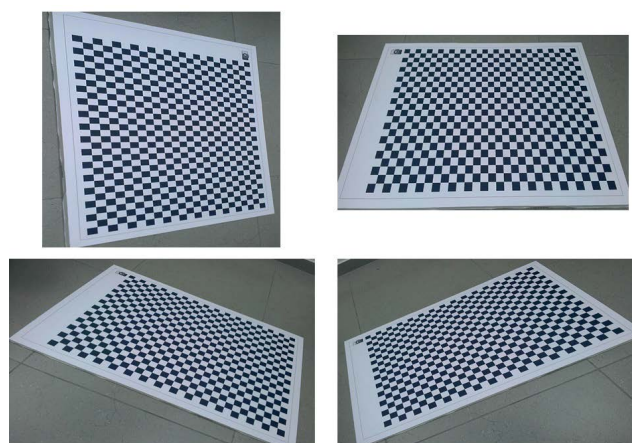


Рис. 5. Пример четырёх калибровочных изображений, использующих метод калибровки «Шахматное поле»

шесть точек привязки, которые разграничивают область совмещения. Для этого алгоритм использует метод обработки изображения, который идентифицирует гомологические точки привязки на паре изображений. На рисунке 4 показан пример автоматической работы пакета программного обеспечения DatuGram3D для наземной фотограмметрии.

■ При заданном количестве изображений, которые покрывают определённую область, алгоритм может автоматически находить конкретные точки на всех изображениях после выбора точки на одном изображении. Таким образом, процесс выбора новых точек на изображениях становится короче в разы, так как точка выбирается только на одном изображении. Эта автоматическая функция применяется в пакете программного обеспечения DatuGram3D для наземной фотограмметрии.

В целом, после реализации и проверки многочисленных алгоритмов для двух указанных выше задач можно сделать вывод, что чем больше общая область совмещения на каждой паре изображений и меньше относительная внешняя ориентация изображений, тем успешнее работает алгоритм и выше точность решения.

### Методы калибровки: превращение цифровой камеры в инструмент для точных геодезических вычислений

Существуют различные методы калибровки цифровой камеры.

Например, нахождение параметров внутренней ориентации превращает камеру в точный геодезический измерительный инструмент. Некоторые из этих методов: «Поле калибровки», «Нивелирная рейка» и «Шахматное поле». Первый метод является классическим способом калибровки камеры, имеющим несколько практических проблем, которые препятствуют использованию этого метода геодезистами. Вторым и третьим методами являются варианты классического метода «Поле калибровки» и предлагают более практичную процедуру.

#### Метод калибровки «Шахматное поле»

В методе калибровки «Шахматное поле» в качестве поля калибровки используется квадратная сетка с краской в виде шахматного поля. Для обеспечения решения формул метода коллинеарных линий необходимо убедиться, что шахматное поле покрывает всю область снимков. Для процесса калибровки требуется 3–4 изображения различных углов шахматного поля (рис. 5).

Метод калибровки «Шахматное поле» имеет несколько значительных преимуществ.

1. Поле калибровки является лёгким, портативным и доступно для калибровки в любое время. Калибровка не требует специального места и может быть выполнена в офисе.

2. Размер поля калибровки хорошо известен заранее, нет необходимости выполнять трудоёмкие измерения в поле.

3. Алгоритмы обработки изображений можно использовать для автоматической идентификации углов прямоугольников на шахматном поле. Это позволяет полностью автоматизировать процесс калибровки. Качество автоматических измерений может достигнуть субпиксельной точности, предоставляя намного лучшую точность, чем любое ручное измерение.

Метод калибровки «Шахматное поле» обладает явными преимуществами для геодезистов, но имеет некоторые недостатки.

1. Нет никакой гарантии, что шахматное поле действительно будет полностью плоским, как предполагается процедурой калибровки. Шахматное поле должно быть сделано из жёсткого материала, чтобы оно оставалось плоским в течение всей процедуры калибровки.

2. Параметры внутренней ориентации системы камеры при фотографировании с близкого расстояния могут отличаться от параметров расстояния выполнения фотограмметрических измерений в поле. Причиной этого является необходимость нахождения поблизости от цели шахматного поля, чтобы полностью охватить калибровочные изображения. Обычный 24-миллиметровый фокус на бесконечности обычно достигается с расстояния больше двух метров. Если шахматное поле слишком мало, то фокус камеры не будет установлен на бесконечности, а параметры калибровки будут существенно отличаться от параметров системы камеры в области измерения. Для решения этой проблемы



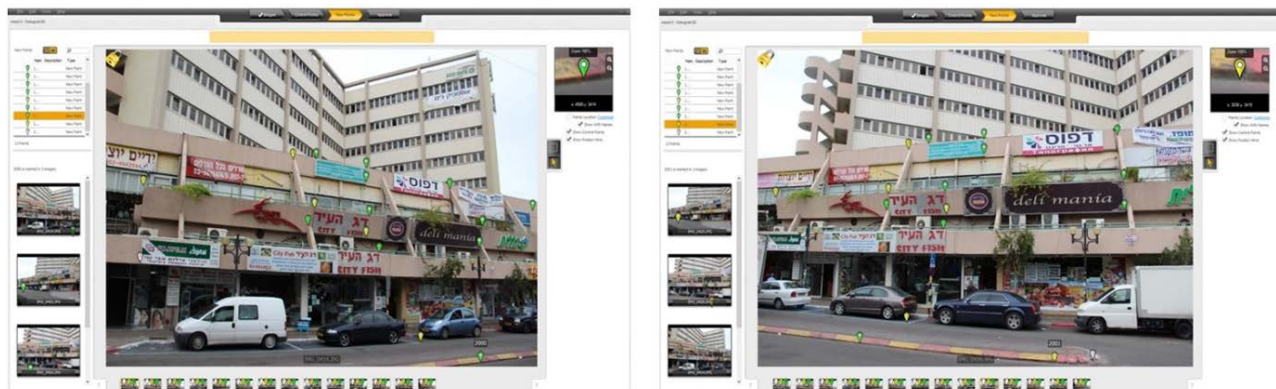


Рис. 6. Пример проекта геодезической съёмки фасада здания, который применялся для проверки фотограмметрической модели

необходимо использовать достаточно большое шахматное поле, чтобы обеспечить одновременное покрытие всей области изображения и установку фокуса камеры на бесконечности.

3. Кроме того, при фотографировании с близкого расстояния недостаточная глубина резкости не может предоставить резкое и сфокусированное изображение всего шахматного поля на наклонном изображении.

Вышеупомянутые проблемы можно решить с помощью использования как можно большего шахматного поля, сделанного из жёсткого материала, и использования идеально плоской поверхности. Для минимизации элементов матрицы параметров внутренней ориентации системы камеры рекомендуется увеличить количество шахматных клеток, а также использовать большее количество калибровочных снимков.

### Полевые испытания

Было проведено множество полевых испытаний с различными настройками для проверки качества результатов и точности координат, полученных с помощью фотограмметрической модели. В полевых испытаниях позиции объектов были измерены с помощью тахеометра на уровне точности 3" при измерении азимута и 5 мм уровня точности на расстоянии измерения до 250 м без призмы. Это означает, что можно измерять координаты с помощью этого инструмента относительно позиции инструмента с точностью 5–10 мм, если измерения производятся с расстояния 70–80 м.

На рисунке 6 представлен проект геодезической съёмки дороги, который применялся для проверки фотограмметрической модели. В ходе полевых испытаний использовался тахеометр, чтобы измерить положения контрольных точек для закрепления изображений, а также положения точек, которые использовались для сравнения и проверки точности фотограмметрических измерений. Проект был обработан с помощью фотограмметрического пакета программного обеспечения Datumate DatuGram 3D.

Координаты точек, которые были измерены тахеометром, сравнили с координатами, измеренными фотограмметрическим методом. Результаты испытаний показывают разницу не более 10–25 мм между позициями точек и 3–15 мм между высотой точек. Это доказывает возможность широкого использования наземной фотограмметрии при проведении инженерно-геодезических изысканий.

### Заключение

Использование наземной фотограмметрии даёт геодезистам множество потенциальных преимуществ, включая следующие:

- трёхкратное увеличение производительности полевых групп;
- не нужно создавать сложные эскизы полевых участков, так как измерения выполняются прямо на изображениях;
- уникальные методы контроля качества измерений: просмотр и исправление измерений при необходимости;
- возможность выполнения дополнительных измерений без возвращения в поле.

В будущем, по мнению автора, когда алгоритмы автоматической обработки изображений смогут более надёжно автоматически определять положение большинства пикселей данного изображения среди остальных изображений, тогда технология наземной фотограмметрии сможет предоставить достойную альтернативу технологии LIDAR с уровнем точности 1–2 см в 3D.

В любом случае, геодезисты уже сегодня могут использовать технологию наземной фотограмметрии при проведении инженерно-геодезических изысканий. ■

# Методические и организационные аспекты сопряжения САПР со сметно-экономическими системами

Воронин И.А., главный специалист ООО Научно-производственное предприятие «АВС-Н» (г. Новосибирск)  
Изатов В.А., к.э.н., директор ООО Научно-производственное предприятие «АВС-Н» (г. Новосибирск)

## Введение

Прогресс в развитии 3D-систем проектирования predetermined концепцию информационного моделирования строительства, предполагающую сбор и комплексную обработку всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической, эксплуатационной и даже утилизационной информации о возводимом объекте со всеми её взаимосвязями и зависимостями. Информационная модель строительства и всё, что имеет к ней отношение, рассматриваются как цельная система, в которой каждому элементу модели должны быть назначены различные свойства и атрибуты. При таком подходе строительный объект проектируется как единое целое на единой топологической основе всеми участниками проекта. Новизна этого подхода проявляется в том, что изменение одного из параметров объекта влечёт за собой автомати-

ческое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций, оценок стоимости и календарного графика. Для этого необходима интеграция систем автоматизированного проектирования (САПР) с системами экономической оценки проектируемых объектов, которая предъявляет новые дополнительные требования к обеим интегрируемым сторонам. Системы экономической оценки базируются сегодня на традиционных (ручных) технологиях, определяющих ряд недостатков, которые выступают существенным препятствием для успешной интеграции.

## Недостатки традиционной методики формирования сметной документации

Традиционная методика формирования сметной документации состоит в том, что сметы составляются на основе комплектов чертежей, выпускаемых проектировщиком. В качестве входной информации для составления сметы инженер-сметчик получает комплект рабочих чертежей определённой марки и, в некоторых случаях, ведомости объёмов работ и подчиняет структуру сметы структуре соответствующего комплекта чертежей (ведомости объёмов работ). Однако такой подход при ряде преимуществ содержит значительное количество недостатков, основные из которых:

- необходимость проведения громоздких расчётов;
- отсутствие контроля ошибок чертежа;
- необходимость ручного выбора расценок;
- определение состава работ экспертным путём;
- большое время подготовки смет;

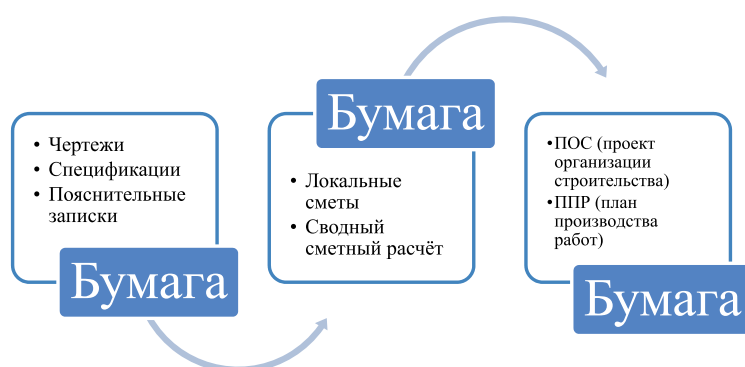


Рис. 1. «Конвейерный» тип проектирования с бумажным способом обмена информацией между составляющими строительного проекта

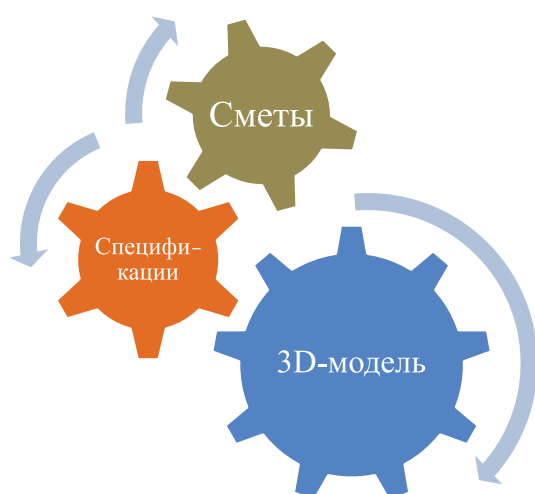


Рис. 2. Связанная информационная модель строительства

- риск пропуска или дублирования работ.

Кроме того, классический подход к составлению сметной документации подразумевает включение сметчиков в работу в самом конце проектного процесса, когда все проектные решения выработаны и зафиксированы в виде бумажного комплекта рабочей документации, предусмотренной СПДС [1].

Все изложенные недостатки и особенности создают ряд существенных препятствий на пути повышения качества и сокращения сроков создания проектной и сметной документации.

Вопросы качества упираются в человеческий фактор, который в любой автоматизированной среде является одним из самых ненадёжных звеньев. А скорость работы информационной системы, как известно, ограничивается скоростью обмена информацией между составляющими этой системы и определяется скоростью работы наиболее медленных звеньев (рис. 1).

В этом отношении можно как угодно модернизировать, автоматизировать и ускорять работу отдельных элементов проектирующей системы, но если обмен информацией между элементами по-прежнему будет осуществляться на бумажных носителях (например, в виде таблиц Excel или чертежей в формате DWG, которые по сути являются аналогом бумажного носителя) и интерпретироваться человеком, достичь в этом деле успеха будет весьма проблематично.

### Автоматизированная работа сметной системы с САПР

В условиях интеграции основные проблемы формирования сметной документации необходимо решать комплексно. Самым очевидным вариантом решения таких проблем является создание и использование автоматизированной

системы, позволяющей связать 3D-САПР со сметной системой с целью создания единой платформы для формирования информационной модели строительства. Такая информационная модель должна содержать в себе, помимо сведений инженерно-технического характера, ещё и сметно-экономические понятия.

Внедрение такой системы позволит включить сметчиков в работу в начале проектного процесса и сделать их полноправными участниками проекта. Таким способом решается множество озвученных и существующих в реальности проблем:

- устраняется «бумажный» обмен информацией между проектировщиками и сметчиками;
- отпадает необходимость выполнения громоздких расчётов и замеров;
- появляется возможность проконтролировать полноту данных, чтобы ни один элемент информационной модели не был «забыт» в сметной части или учтён дважды.

Применение технологии трёхмерного проектирования решает множество проблем по устранению коллизий, связанных с дублированием объёмов, наложением объектов друг на друга и других ситуаций, которые в конечном счёте приводят к изменению сметной стоимости (рис. 2).

Возможность более раннего участия сметчиков в общем проектном процессе, избавление их от выполнения рутинных действий приведёт в итоге к сокращению времени выхода проекта в рабочее состояние и повысит его качество. Однако на ранней стадии внедрения любой новой технологии это не всегда бывает заметно, поскольку происходит перераспределение рабочего времени. К тому же на первых (пилотных) проектах из-за неопытности сотрудников и несовершенной организации работы в новых условиях времени может расходоваться даже больше. При этом неизбежным становится эффект снижения производительности труда проектировщиков на период освоения новой технологии проектирования. Однако даже в краткосрочной перспективе такое снижение сменяется заметным ростом производительности, что в целом увеличивает выработку. На рисунке 3 приведены данные по экономической и временной оценке эффективности внедрения информационного моделирования строительства [2].

Кроме того, необходимо учитывать, что внедрение интегрированной системы проектирования неизбежно повлечёт за собой дополнительные затраты [1].

Перераспределение времени в проектном процессе в итоге приводит к сокращению общего времени работы над проектом на 20-50% [3] и высвобождает специалистов для участия в дальнейшем проектировании (рис. 4).

Существенное сокращение затрат на проектирование может произойти в случае внесения изменений в проект в тот момент, когда смет-



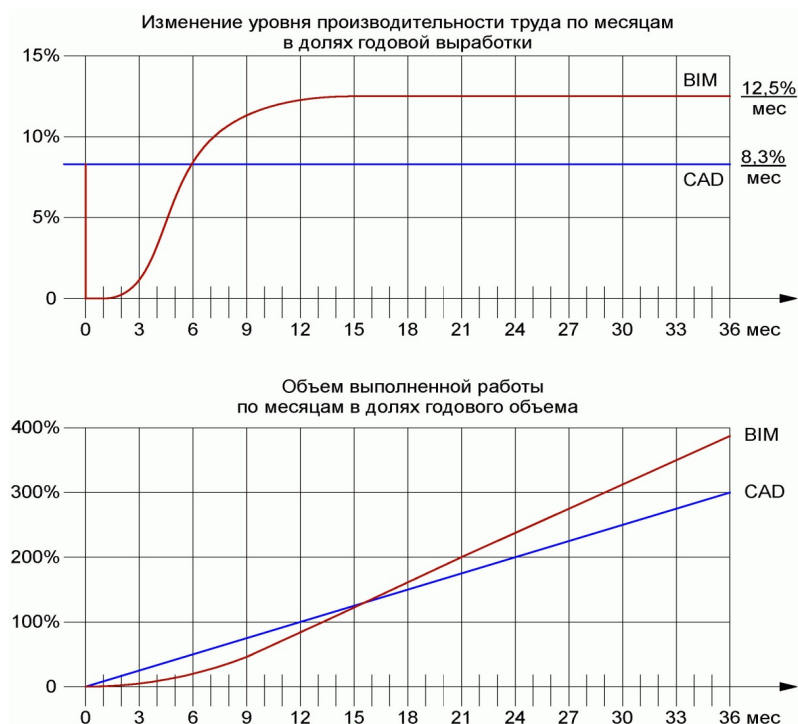


Рис. 3. Результаты расчётов изменения уровня производительности и объёма выполненной работы

ная документация уже готова. **На сегодняшний день пересчёт смет по изменённому проекту является «головной болью» сметчиков всех уровней и специализаций. При использовании единой информационной модели, в которой каждый элемент несёт в себе сметное знание, повторный выпуск смет становится делом считанных минут.**

То же касается и ситуации с исправлением ошибок проектирования, если таковые выявляются на достаточно поздних стадиях проектирования либо по его завершению.

Одним из важнейших аспектов интеграции САПР и сметных систем является проблема преобразования инженерно-технических решений в сметно-экономические.

С одной стороны, в процессе проектирования и формирования 3D-модели объекта возникает иерархическая проектная структура (включающая слои различного назначения и т.п.), подчинённая логике проектного процесса и удобству представления всех инженерно-технических параметров проекта.

С другой стороны, формирование экономической оценки проекта в условиях автоматизированной работы сметной системы с САПР подчинено традиционным правилам, предъявляемым к экономической части (в частности, по оценке стоимости проекта), предусматривается выпуск традиционного комплекта сметной документации, включающего локальные сметы, объектные сметы и сводный сметный расчёт стоимости строительства. Это условие предполагает последовательное включение всех вырабатываемых в процессе проектирования сметно-экономиче-

ских параметров в заранее predetermined традиционными подходами сметно-экономическую структуру.

Факт существования двух структур, из которых проектная структура является ведущей, а сметно-экономическая — ведомой, предполагает методическое и организационное решение вопроса преобразования инженерно-технических решений в сметно-экономические, обеспечивающее «перенос» всех необходимых данных из проектной структуры в сметно-экономическую.

Такое решение предполагает, что вначале необходимо декомпозировать все элементы проектной структуры, а затем из набора отдельных элементов составить новую композицию (сметно-экономическую структуру), уже отвечающую задачам выпуска экономического раздела строительного проекта.

### Рекомпозиция проектных данных

Рекомпозицией называется процесс трансформации проектных данных в сметно-экономическое представление [3].

Процедура рекомпозиции представляется многошаговой и итерационной по следующим причинам:

- сметно-экономическая структура должна предусматривать включение всех возможных видов затрат по проекту строительства, она выступает средством аккумуляции локальных инженерно-технических сведений, экспортируемых из проектной структуры;
- сметно-экономическая структура должна предусматривать также включение и тех видов

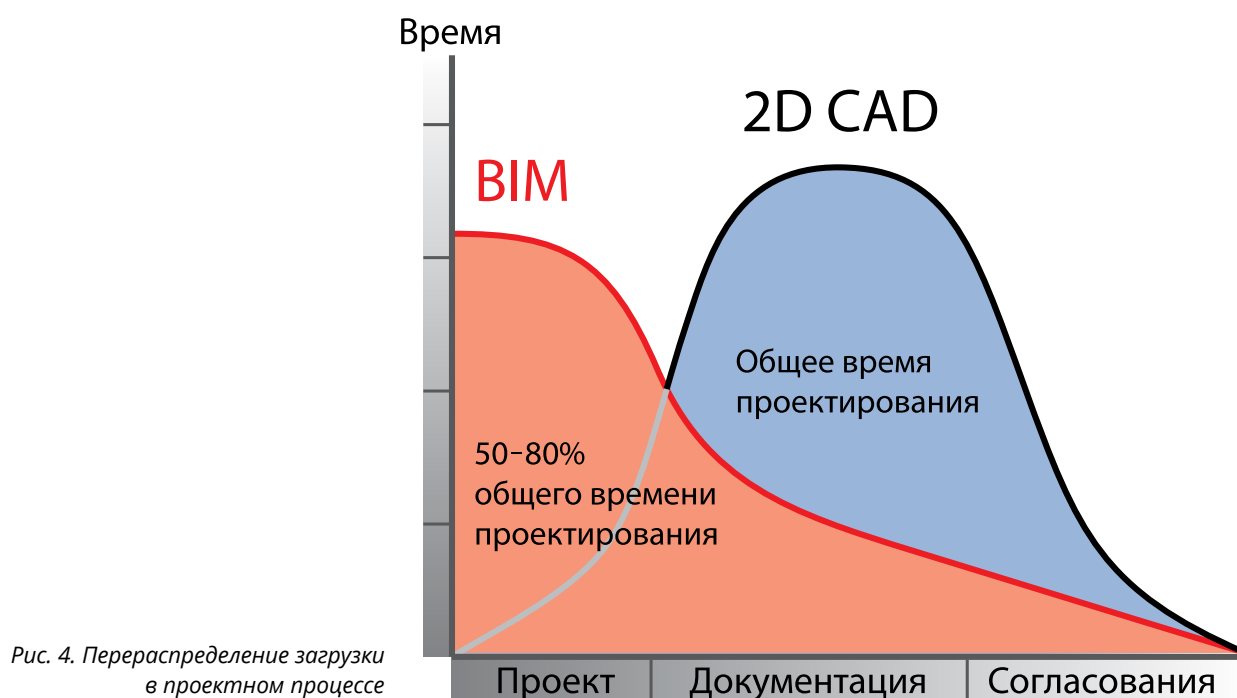


Рис. 4. Перераспределение загрузки в проектном процессе

затрат, которые по своей природе не могут быть отражены в 3D-модели и оцениваются посредством разработки отдельных «автономных» локальных смет или локальных сметных расчётов (затраты на снос строений, затраты на отвод земли и т.п.);

■ разовый экспорт сразу всей проектной структуры не представляется возможным по причине иерархического многослойного представления инженерно-технических проектных решений в 3D-модели (архитектурная часть, сетевые решения, технологические решения по оборудованию и т.д.), каждое из которых размещается в своём индивидуализированном слое и требует отдельного частичного экспорта, что предопределяет многошаговость;

■ итерационный характер процедуры сопряжения предопределяется тем обстоятельством, что при пересмотре проектных решений возникает необходимость повторного экспорта пересмотренной части с синхронизацией модифицированных проектных данных в уже имеющейся сметно-экономической структуре с замещением пересмотренных, удалением исключённых и добавлением вновь принятых проектных решений.

В процессе рекомпозиции достигается состояние полного переноса информации об объёмах всех элементов информационной модели в сметно-экономическую структуру. Для каждого элемента определяются необходимые элементные сметные нормативы (ЭСН) действующей сметно-нормативной базы с уточнением состава применяемых материальных ресурсов. Достигнутая детерминированность в сметно-экономической структуре позволяет сформировать на основе

принятой в проекте сметно-нормативной базе законченную сметно-экономическую оценку строительного проекта. ■

#### Литература:

1. Изатов В.А., Воронин И.А., Шкатов В.П. Методические аспекты и принципы интеграции 3D-систем проектирования со сметными программами. Интеграция системы ABC с программным продуктом Allplan германской фирмы Nemetschek AG — европейского лидера в комплексных информационных технологиях для строительства // Методология и принципы ценообразования в строительстве. Инновационные технологии в строительной отрасли и их внедрение: Материалы I международной научно-практической конференции 23–24 мая 2013 г. Минск. С. 95–105.
2. Козлов И.М. Оценка экономической эффективности внедрения информационного моделирования зданий. Экономические и организационно-управленческие проблемы развития строительного комплекса России: Материалы всероссийской конференции 9–10 апреля 2013 г. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин).
3. Талапов В.В. Технология BIM: расходы на внедрение и доходы от использования. Материалы семинара «Проблемы внедрения BIM» SibBuild-2014.

# Система подготовки чертежей IndorDraw в применении к задачам дорожного хозяйства

Медведев В.И., ведущий разработчик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)  
 Рукавишников Е.Е., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)  
 Скворцов А.В., д.т.н., профессор, ген. директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*В статье дан обзор системы подготовки чертежей IndorDraw 9. Описывается основной функционал системы, приводятся примеры готовых чертежей и отдельных их частей. Особое внимание уделяется инструментам, позволяющим решать задачи дорожного хозяйства.*

## Введение

В разработке любого проекта важным этапом является подготовка и выпуск проектной документации [1]. Этот процесс, зачастую являясь рутинным, отнимает немало драгоценного времени у инженера. Однако сегодня, чтобы добиться преимущества на современном рынке проектных работ, инженерам необходимо ускорить процесс проектирования и сдачи проектной документации [2].

В помощь инженеру разработано немало мощных CAD-систем, позволяющих формировать и 3D-модель автомобильной дороги, и проектную документацию. Среди них стоит выделить AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США), MicroStation (Bentley Systems, США), IntelliCAD (IntelliCAD Technology Consortium), BricsCAD (Bricsys, США), nanoCAD («Нанософт», Москва), Топоматик Robur — Автомобильные дороги («Топоматик», Санкт-Петербург), CREDO Дороги («Кредо-Диалог», г. Минск), IndorCAD+IndorDraw («ИндорСофт», Томск). Они позволяют формировать разнообразную проектную документацию, включающую в себя чертежи, ведомости, схемы и пр.

Для успешного прохождения нормоконтроля необходимо оформить рабочие чертежи в соответствии с действующими правилами и стандартами. Как правило, именно на этом этапе у инженера возникают сложности, связанные с адаптацией получаемых цифровых чертежей к отраслевым стандартам. К примеру, для получения в AutoCAD Civil 3D качественных чертежей, соответствующих нормам Российской

Федерации, инженеру придётся потратить немало времени на создание шаблона внутреннего стандарта оформления, описывающего шрифты, размерные линии, штампы и др. В отдельных случаях спасают уже готовые решения — надстройки над основной системой, регламентирующие оформление, однако в нестандартных случаях (к примеру, отображение условного знака ЛЭП на повороте) они будут неэффективны, что приведёт к необходимости ручной доработки чертежа.

В итоге логичным выбором становится программный продукт, разработанный непосредственно для применения в России и учитывающий в полном объёме комплекс государственных стандартов, устанавливающих правила, требования и нормы по разработке, оформлению и обращению проектной документации (ЕСКД, СПДС). Помимо этого, в рамках проведения различных работ в дорожном хозяйстве для формирования рабочей документации зачастую требуется не просто «чертёжная система», а специализированный инструмент, направленный на эффективное решение разноплановых задач: от составления многотомных альбомов автомобильных дорог в качестве составляющей паспорта автомобильной дороги до создания проектов организации дорожного движения на конкретных участках.

Учитывая вышесказанное, в качестве системы, наиболее адаптированной для формирования рабочих чертежей, отвечающих задачам дорожного хозяйства, обозначим систему IndorDraw, работающую и как самостоятельный программный продукт, а также в комплексе



## Фасад выходного оголовка М 1:50

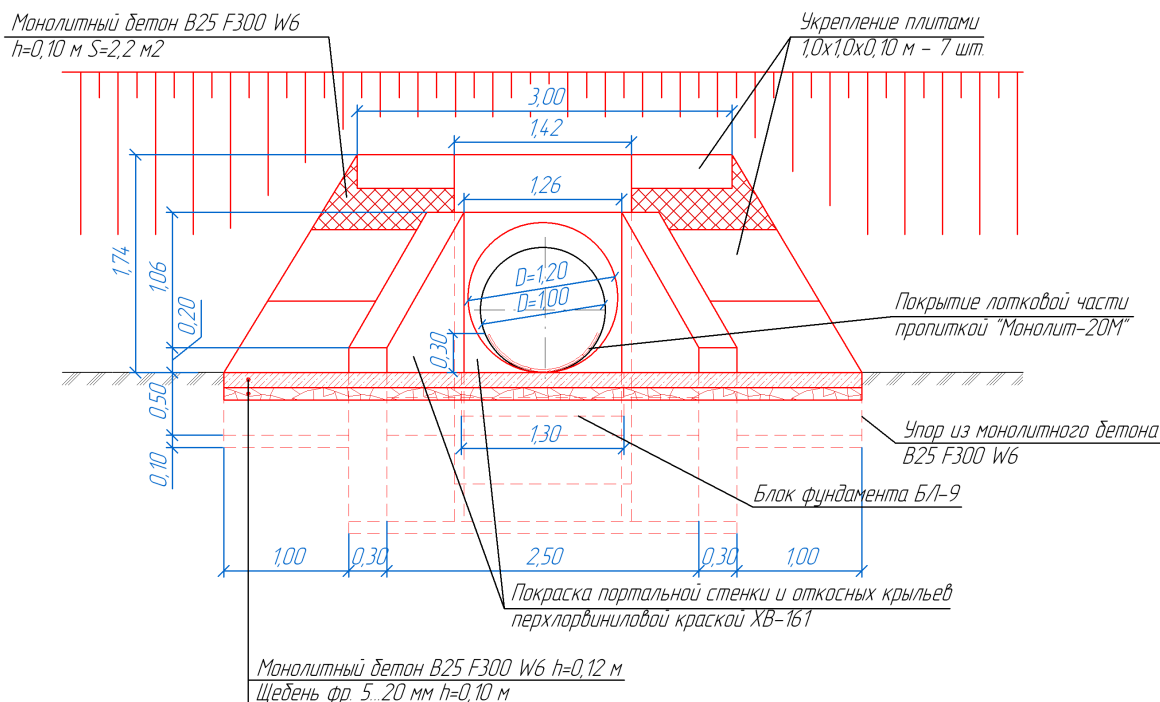


Рис. 1. Фрагмент чертежа водопропускной трубы, подготовленный в IndorDraw 9

с другими программными продуктами компании «ИндорСофт». К преимуществам системы IndorDraw, заметно отличающим её от аналогичных программ, можно отнести следующие:

- полная библиотека топографических условных знаков, применяемых для точечных, линейных и площадных объектов [3] (рис. 1);
- дополнительные условные знаки для дорожных объектов;
- библиотека дорожных знаков в соответствии с ГОСТ Р 52290–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования»;
- специализированные инструменты черчения для дорожников, позволяющие создавать трассы, кривые Безье, сплайны, клотоиды, откосы;
- штампы чертежей, выполненные в соответствии с ГОСТ 21.101–93 «СПДС. Основные требования к рабочей документации»;
- поддержка ЕСКД и СПДС: ГОСТ 2.304–81 «Шрифты чертёжные», ГОСТ 2.303–81 «Линии», ГОСТ 2.307–2011 «Нанесение размеров и предельных отклонений» и др.

Далее рассмотрим наиболее интересные функциональные возможности программного продукта IndorDraw в применении к различным задачам.

### Быстрый и эффективный рабочий процесс

Система IndorDraw — это инструмент, позволяющий создавать рабочие чертежи. Используя

стандартные геометрические фигуры (отрезки, многоугольники, дуги и пр.), специализированные фигуры (сплайны, клотоиды, трассы и пр.), дополнительные построения (сопряжения, эквидистантные линии и др.), а также объекты оформления (размерные линии, выноски и текстовые надписи, штампы), инженер может создавать чертежи любой сложности. Для редактирования объектов доступны разнообразные инструменты, позволяющие выполнить трансформацию объектов, изменение их геометрии (пересечение, объединение, вычитание), разрезание, объединение, группировку и многое другое.

Чтобы сократить время на выполнение рутинных задач и повысить производительность работы, в системе IndorDraw используется ряд технологий. Одной из них является динамический ввод — технология, направленная на создание и редактирование объектов по заданным параметрам. В процессе создания или редактирования объектов рядом с курсором отображаются поля ввода параметров. С одним объектом, как правило, ассоциировано несколько параметров. При необходимости можно переключаться между ними и задавать нужные значения, тем самым фиксируя определённые параметры (длину, радиус и пр.).

Создание и редактирование объектов в черчении зачастую производится с помощью опорных точек: точек пересечения объектов, их центров, начальных и конечных узлов и др. Для этой цели в системе IndorDraw реализована привязка к объ-

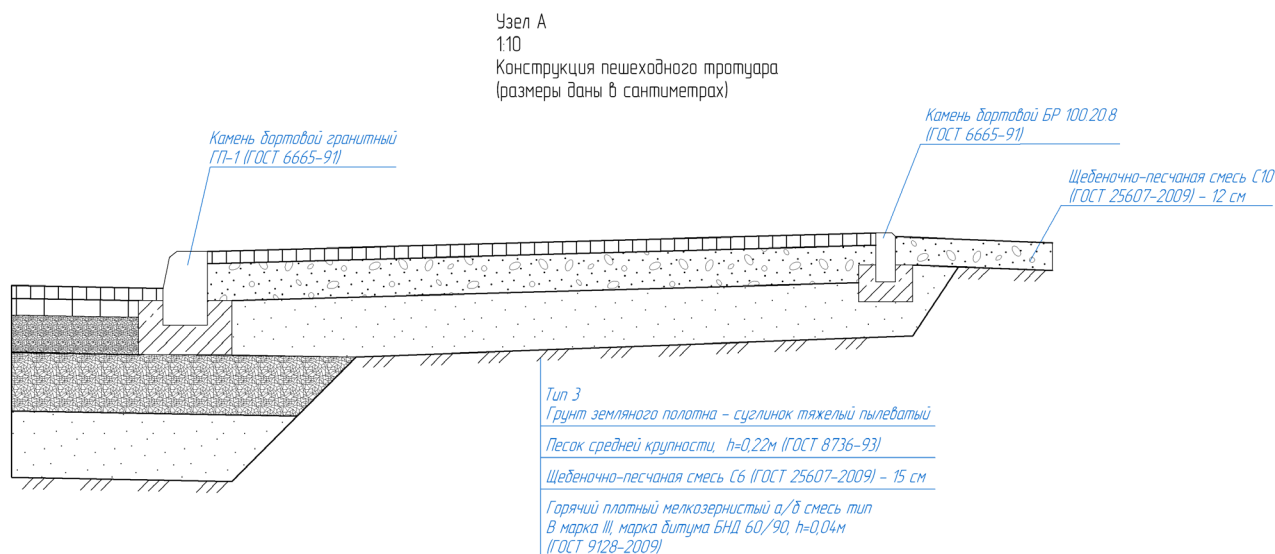


Рис. 2. Чертёж конструкции пешеходного тротуара в IndorDraw 9

ектам и направляющим. При осуществлении привязки курсор притягивается к расположенным вблизи объектам и их частям, при этом точка привязки подсвечивается, а рядом отображается подсказка, обозначающая, какой именно тип привязки срабатывает (например, центр, пересечение, узел и пр.). В зависимости от сложности построения можно задать правила привязки: к узлам, центрам, дополнительно построенным точкам и др., что даёт возможность избегать дополни-

тельных построений и позволяет сэкономить время.

Для однозначной интерпретации объектов чертежа и понимания их разными специалистами вводится понятие условных знаков. Система IndorDraw предоставляет инженеру полную библиотеку топографических условных знаков [3] для точек, линий и полигонов, а также дополнительные условные знаки дорожных объектов (рис. 2). Для оформления чертежа условными знаками удоб-

но использовать технологию, которая позволяет создавать стили объектов (линий, текстов и др.) и применять их как отдельно к объекту, так и к типам объектов и даже целым слоям.

### Инструменты для дорожника

Наряду со стандартными чертёжными инструментами система IndorDraw содержит ряд специализированных инструментов, по-

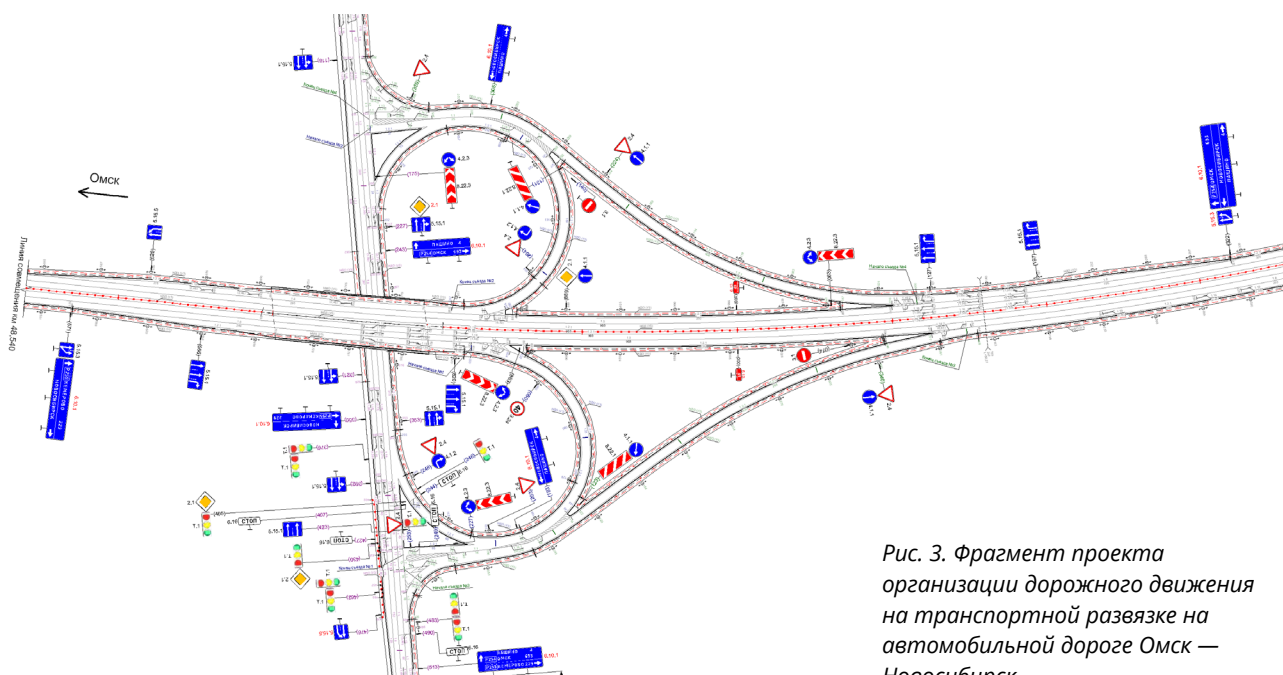


Рис. 3. Фрагмент проекта организации дорожного движения на транспортной развязке на автомобильной дороге Омск — Новосибирск

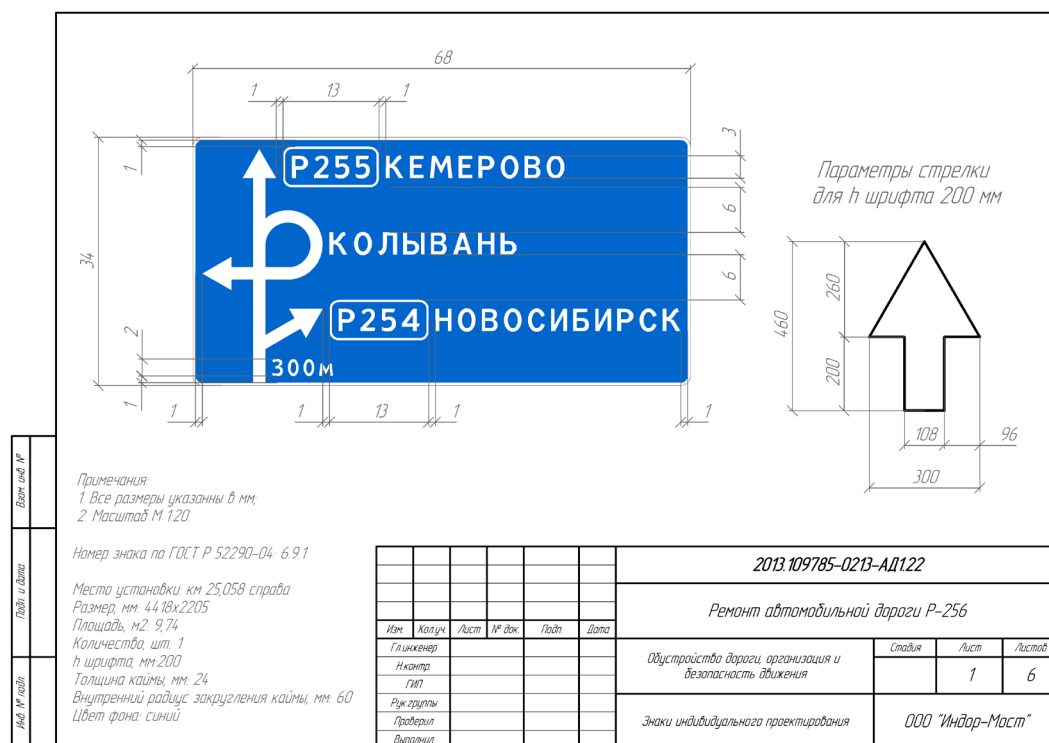


Рис. 4. Чертёж дорожного знака

звояющих решать задачи, характерные для дорожного хозяйства. В частности, в чертёж могут быть добавлены такие объекты, как трассы, клотоиды, кривые Безье, дорожные знаки, дорожная разметка. Эти инструменты реализованы в соответствии с действующими стандартами Российской Федерации и стран СНГ (ГОСТ Р 52290–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования», ГОСТ Р 51256–2011 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования» и др.).

С помощью «дорожных» инструментов можно создавать проекты организации дорожного движения (рис. 3), чертежи отдельных дорожных знаков (рис. 4) и различные схемы, в том числе и схемы дорожно-транспортных происшествий.

### Интеллектуальные измерители

Система IndorDraw обладает полнофункциональным набором инструментов оформления чертежа [4]. С помощью размерных линий и подписей инженер может создать рабочий чертёж водопропускной трубы, дорожного знака или любого другого объекта (рис. 4).

Размерные линии чертежа наносятся для всех масштабов. При изменении масштаба чертежа или единиц измерения значения размерных линий автоматически пересчитываются, избавляя инженера от лишней работы. При необходимости размерную линию можно подписать любым произвольным текстом.

### Штамп чертежа

Для оформления чертежей предусмотрено наличие чертёжного штампа (рис. 4). IndorDraw позволяет добавить стандартные штампы, регламентированные ГОСТ 21.101–93 «СПДС. Основные требования к оформлению рабочей документации». Заполнение штампа производится аналогично заполнению полей таблицы, а такие поля, как «Лист», «Листов», «Масштаб», «Название организации» заполняются автоматически. При необходимости их можно редактировать вручную, задав произвольную нумерацию, обозначив пропуски листов.

В некоторых организациях используют нестандартные виды штампов чертежей. Создать свой шаблон штампа можно с помощью редактора штампов [5]. Работать с ним довольно просто: с помощью примитивов (линии, прямоугольники) рисуется рамка штампа и его поля, а затем, с использованием специализированных инструментов задаются области для ввода текста, текстовые надписи, не подлежащие изменению, можно добавить растровый или векторный логотип (рис. 5). Если штамп кардинально не отличается от одного из стандартных видов штампа, то можно создать свой шаблон на его основе. Шаблон штампа применим к чертежам любых форматов, так как он сам будет подстраиваться под заданные размеры листа. При необходимости штамп легко сохраняется в отдельный файл для передачи коллегам.

### Совместная работа

Зачастую над одним проектом трудится целая команда различных специалистов. Для их



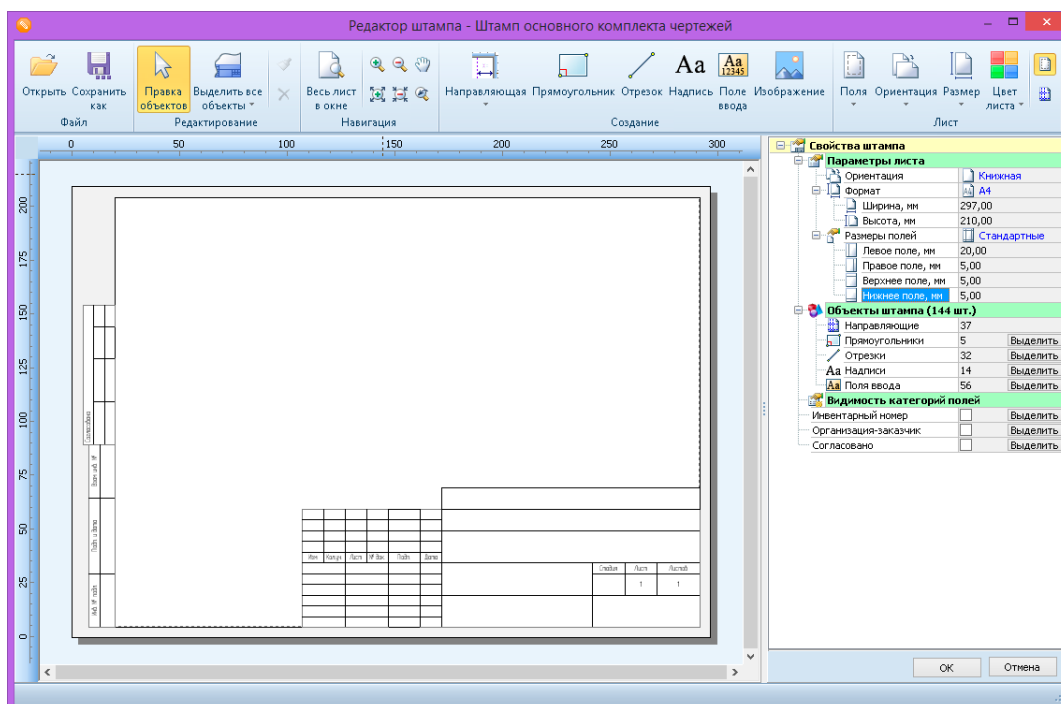


Рис. 5. Окно редактора штампов системы IndorDraw 9

сложенной работы система IndorDraw позволяет подключать различные внешние файлы, полученные от коллег и заказчика, например, растровые подложки, разнообразные векторные данные, таблицы и диаграммы Microsoft Excel и др.; экспортировать чертёж в распространённые форматы данных и сохранять в качестве отдельных файлов некоторые объекты чертежа (например дорожные знаки).

Наиболее популярным на сегодняшний день де-факто является формат DWG, и многие заказчики предпочитают работать именно с ним. Данный формат хорошо себя зарекомендовал в профессиональном сообществе и зачастую используется в качестве обменного формата между различными системами, в том числе работающими на разных платформах. IndorDraw позволяет экспортировать чертежи в формат DWG разных версий, при этом сохраняются настройки слоёв и стили объектов.

## Заключение

В системе IndorDraw объединены технологии ручного черчения и редактирования, а также автоматизированного создания объектов, что позволяет формировать качественные рабочие чертежи. В то же время применение инструментов, благодаря которым сокращается количество действий, необходимых для решения тех или иных задач, приводит к росту производительности. Данный программный продукт может стать полезным инструментом в руках инженера, особенно при решении узкоспециализированных задач в дорожном хозяйстве. ■

## Литература:

1. Бойков В.Н. САПР АД — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
2. Фортунa Ю.А. Как повысить эффективность проектно-изыскательских работ при проектировании ремонта и капитального ремонта автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 19–21.
3. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / Главное управление геодезии и картографии при совете министров СССР. М.: Недра, 1989.
4. Сворцов А.В., Рукавишников Е.Е., Кривых И.В. Система подготовки чертежей IndorDraw: Руководство пользователя. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. С. 256.
5. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.

# Кольцевые пересечения в двух уровнях. Инструменты проектирования есть, а правил выполнения нет

Елугачёв П.А., к.т.н., директор ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Елугачёв М.А., начальник отдела проектирования автомобильных дорог ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Байгулов А.Н., главный инженер проектов ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

*Обосновывается актуальность вопроса проектирования кольцевых пересечений в двух уровнях в современных условиях с использованием возможностей современных САПР.*

В 1928 году в США была построена первая транспортная развязка, выполненная по типу «Клеверный лист». После этого началось повсеместное строительство пересечений и примыканий в двух уровнях. Уже к 1936 году в США насчитывалось свыше 125 развязок. В этот период широкое распространение получили кольцевые пересечения в разных уровнях, а именно распределительное кольцо с двумя и пятью путепроводами.

В 1944 году в США были изданы первые технические условия на проектирование транспортных развязок. В данном нормативном документе, который отразил почти двадцатилетний опыт эксплуатации примыканий и пересечений в разных уровнях, были сформулированы основные требования к назначению их геометрических элементов. Расчётные скорости на съездах увязывались с расчётными скоростями на подходах к транспортным развязкам дорогам.

В 60-е годы в США стали применять кольцевые пересечения в трёх уровнях. Здесь кольцо располагается в естественном уровне, одна из автомагистралей проходит под кольцом (в тоннеле или выемке), а другая автомагистраль — над кольцом (по эстакаде или насыпи). Пересечение занимает сравнительно небольшую площадь земли, однако строительная стоимость его довольно высока.

Опыт проектирования и эксплуатации транспортных развязок в нашей стране нашел свое

отражение в Технических указаниях по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог, впервые изданных в 1964 году, а затем переизданных в 1975 году.

Непрерывное увеличение парка автомобилей во всех странах неизбежно приводит к резкому росту интенсивности движения на автомобильных дорогах. Вследствие чего проблема проектирования пересечений дорог с каждым годом становится всё более актуальной.

Опыт эксплуатации транспортных развязок показал, что не всегда разведенные потоки в разных уровнях позволяют исключить заторы на автомобильной дороге. Примером этому может служить развязка по типу «клеверный лист», не обеспечивающая достаточную пропускную способность при высокой интенсивности (более 30%) лево- и правоповоротных потоков (рис. 1).

Авторы статьи ведут поиск альтернативного решения, за основу которого можно взять кольцевые пересечения в двух уровнях, как наиболее безопасные и понятные для водителей.

Для решения данного вопроса был проведён сравнительный анализ транспортных развязок в России, Германии, США, Великобритании на основе материалов, полученных из открытых источников. В работе использовались графические материалы, такие как генеральные планы, аэрофотоснимки, космоснимки и нормативная литература. В результате проведённой работы

отмечено широкое распространение в этих странах кольцевых пересечений в одном и нескольких уровнях.

Из общего числа отмеченных в ходе анализа кольцевых пересечений в нескольких уровнях можно выделить по распространенности: распределительное кольцо с пятью путепроводами (рис. 2–3), распределительное кольцо с двумя путепроводами, улучшенный тип распределительного кольца и турбинный тип пересечения.

Распределительное кольцо с пятью путепроводами применяют при пересечении двух крупных автомагистралей. Пересечения распределительного кольца с автомагистралями осуществляется таким образом, что кольцо поочередно проходит то над одной автомагистралью, то под другой. В результате этого продольный профиль распределительного кольца получается весьма сложным. Обе ветви, из которых состоит дуга каждого квадранта пересечения, имеют противоположные продольные уклоны. Продольные уклоны указанных ветвей и правоповоротных съездов также различны. По всей длине распределительного кольца происходит непрерывное чередование подъёмов и спусков. Для возможности размещения подъёмов и спусков и расположения вертикальных кривых необходимо иметь кольцо большого радиуса, что является недостатком данной транспортной развязки. Особенно большой радиус кольца требуется при пересечении автомобильных дорог под острым углом, так как при малом радиусе кольца невозможно будет вписывать правоповоротные съезды. Другим недостатком распределительного кольца является то обстоятельство, что левоповоротные автомобили совершают на нём значительный перепробег.

Распределительное кольцо с двумя путепроводами применяют при пересечении автомагистрали и второстепенной дороги (рис. 4–5). При этом скоростной поток автомагистрали проходит по прямой, а пересекаемый поток второстепенной дороги — по кольцу.

Здесь на кольце происходит смешение не только поворачивающих потоков, но и поворачивающих потоков с основным потоком второстепенной дороги, и, кроме того, основной поток второстепенной дороги вынужден проходить по кольцу, что приводит к большому перепробегу. С целью некоторого уменьшения указанного перепробега кольцо иногда вытягивают в направлении второстепенной дороги и выполняют в форме эллипса или в виде двух полуокружностей, соединённых прямыми вставками. Преимущества данной транспортной развязки по сравнению с распределительным кольцом, имеющим пять путепроводов, — меньшее количество путепроводов и более низкая стоимость строительства.

Улучшенный тип распределительного кольца, благодаря наличию специальных левоповоротных съездов, не имеет точек пересечения потоков в одном уровне (рис. 6–7). Недостатком данной транс-

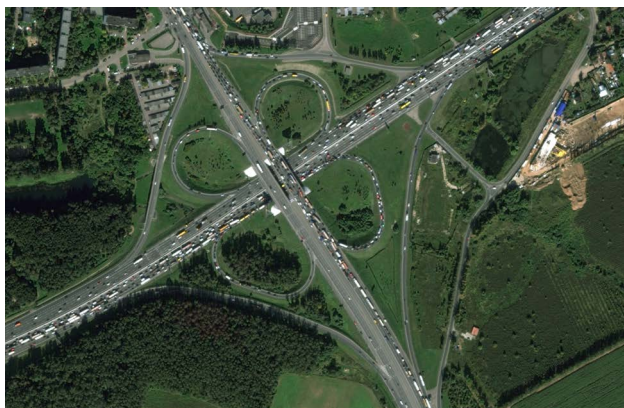


Рис. 1. МКАД. Заторы на съездах с основных направлений движения

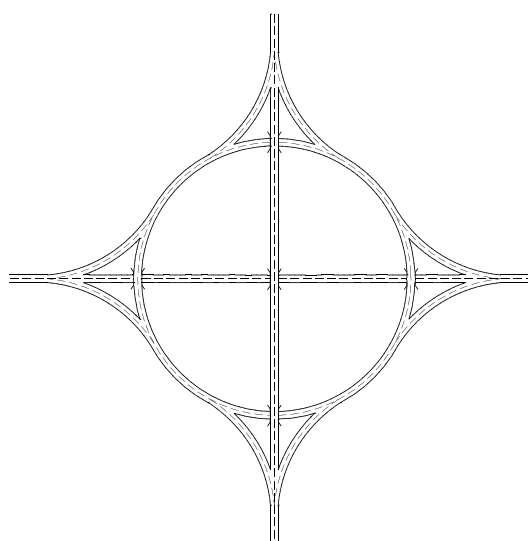


Рис. 2. Распределительное кольцо с пятью путепроводами

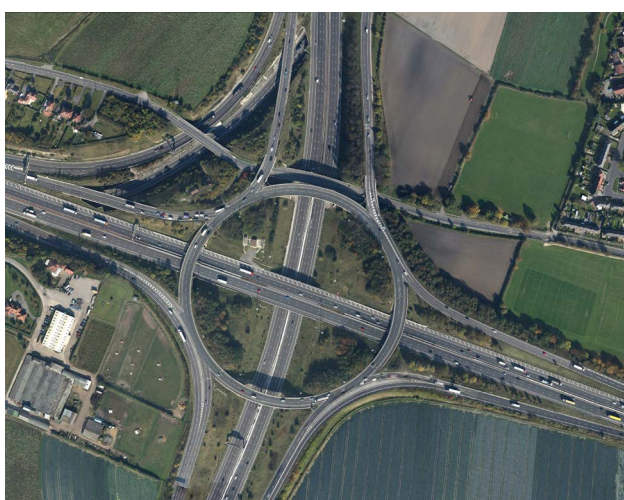


Рис. 3. Кольцевое пересечение в разных уровнях на пересечении автомобильных дорог М62 и М1 в Англии, выполненное по типу распределительного кольца с пятью путепроводами



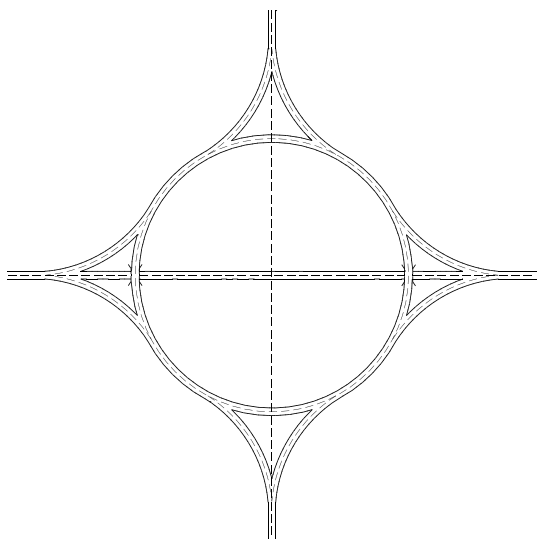


Рис. 4. Распределительное кольцо с двумя путепроводами

портной развязки является то обстоятельство, что специальные съезды для левоповоротного движения вливаются в кольцо не с правой, а с левой стороны, тогда как на автомагистралях, как правило, все ответвления и присоединения дорог должны устраиваться с правой стороны (по ходу движения). Этот тип пересечения имеют сложную конфигурацию и, следовательно, создаёт ряд неудобств в эксплуатации. Недостатком транспортной развязки является также наличие коротких обратных кривых малого радиуса.

Турбинный тип распределительного кольца является, по существу, усовершенствованным типом распределительного кольца, в котором кольцо

вместо одной имеет три отдельные проезжие части (рис. 8). На этой развязке каждый из четырёх левоповоротных потоков имеет собственный съезд, который, однако, присоединяется не к автомагистрали, а вливается в соответствующий правоповоротный съезд. Здесь смешиваются право- и левоповоротные потоки на участках правоповоротных съездов, находящихся между пунктом впадения левоповоротного съезда в проезжую часть автомагистрали. Турбинный тип пересечения имеет также тот недостаток, что левоповоротные съезды вливаются в правоповоротные съезды не с правой, а с левой стороны. Данный тип пересечения является наименее эко-

номичным вследствие наличия семи путепроводов и большей суммарной длины левоповоротных съездов.

Кольцевые пересечения широко применяются с 60–70-х годов XX века в России и во многих странах мира, что доказывает их высокую функциональность. В России современные нормативные требования к проектированию кольцевых пересечений представлены в СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги (Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85)[1]. Рекомендуемые методики проектирования кольцевых пересечений приведены в методических указаниях по проектированию кольцевых пересечений, утвержденных Министерством автомобильных

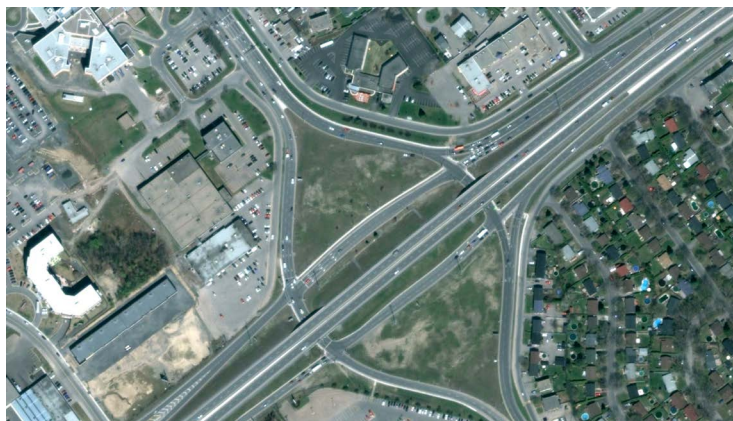


Рис. 5. Кольцевое пересечение в разных уровнях на пересечении автомобильных дорог 640 и 148 в Канаде, выполненное по типу распределительного кольца с двумя путепроводами

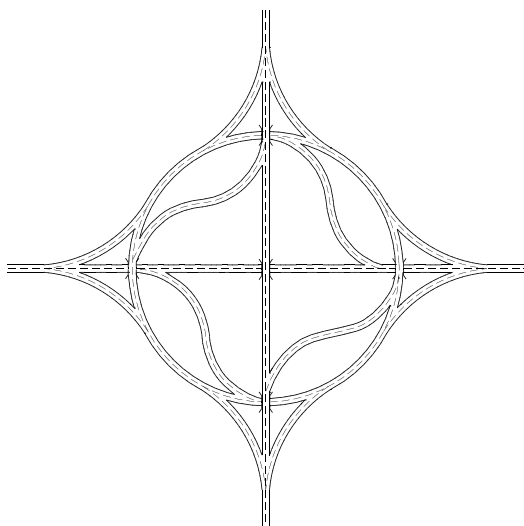


Рис. 6. Улучшенный тип распределительного кольца

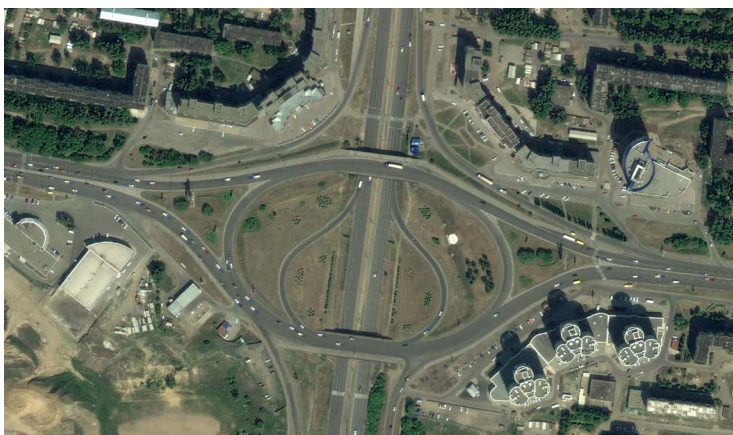


Рис. 7. Кольцевое пересечение в разных уровнях на пересечении улиц Малахова и Павловского тракта в г. Барнаул, выполненное по сжато усовершенствованному типу распределительного кольца с двумя путепроводами

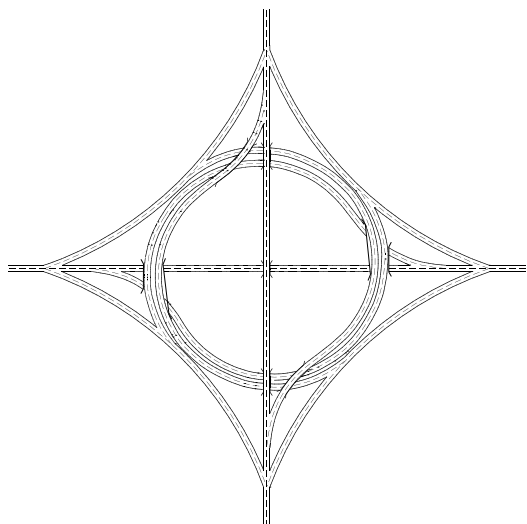


Рис. 8. Турбинный тип кольцевого пересечения

дорог РСФСР 4 октября 1979 г [2]. В настоящее время ведётся актуализация данного документа. Если кольцевые пересечения в одном уровне широко изучены в России и научная работа по ним ведётся, то требования к выбору схем транспортных развязок кольцевого типа в двух уровнях практически отсутствуют.

В целом же анализ нормативной литературы России, Германии, США, Великобритании [1–5], показал, что кольцевые пересечения в двух уровнях мало изучены.

Все выше указанные схемы транспортных развязок возможно смоделировать инструментами САПР. Сегодня можно получить модель не только геометрии, но и физических свойств объекта, например скорость, ускорение или время реакции водителя. С высокой точностью можно смоделировать места, где возникают заторы или снижается скорость, определить динамический коридор движения автомобиля с большими габаритами или определить, хватит ли расстояния для перестроения автомобиля на кольцевом пересечении. Однако создавая модель этими инструментами, сложно оценить, насколько она будет соответствовать существующим требованиям по интенсивности и обеспечению скоростных характеристик транспортного потока, так как соответствие данным параметрам нигде чётко не отражено. Можно с уверенностью сказать, что современные системы автоматизированного проектирования, основываясь на морально устаревших нормах и пра-

вилах, а также методах, заложенных во времена «ручного» проектирования, в недостаточной степени используют свои функциональные возможности.

Прогресс в области САПР является сегодня двигателем развивающейся нормативной базы. Доказательством является тот факт, что новый ОДМ на «Кольцевые пересечения» уточняет методики проектирования с учётом возможностей САПР, приведённые в приложениях к данному документу. В будущем это должно стать правилом. Ведь каждый инструмент проектирования в САПР имеет три важных составляющих: удобный для использования интерфейс, правильный математический аппарат (алгоритм) и геометрические ограничения (технические правила построения транспортных развязок).

Сегодня в современных САПР уже имеются две составляющие — это интерфейс и математический аппарат для создания практически любых конфигураций транспортных развязок. Однако в России нет третьей составляющей — утверждённой методики или технических правил, позволяющих применять эти инструменты на практике.

Наиболее удачно, по мнению авторов, решение задач проектирования транспортных развязок реализовано в системе IndorCAD [6,7], разработанной компанией «ИндорСофт». Набор имеющихся инструментов позволяет получать качественные цифровые модели проекта транспортных развязок практически любой сложности. Кроме этого, реализован целый ряд дополнительных инструментов, позволяющих проводить инженерный анализ, например — оценка пространственной видимости на транспортной развязке по 3D-модели или определение динамического коридора движения транспортных средств (в том числе на участках переплетения на транспортных развязках в двух уровнях).

Все эти инструменты в САПР IndorCAD могут позволить в будущем провести эксперименты с моделями кольцевых транспортных развязок и оценить ряд технических и экономических параметров, таких как:

- плановые ограничения в зависимости от интенсивности и состава пересекающихся потоков;
- ограничения в продольном профиле;

- экономическая эффективность и целесообразность применения схемы;
- безопасность (видимость, ясность, удобство).

На основе проведенного сравнительного анализа транспортных развязок, нормативно-методических документов и инструментов САПР авторы особо отмечают актуальность следующих задач:

- выработка рекомендаций по трассированию кольцевых транспортных пересечений на основе зарубежного опыта и проведённых натурных и камеральных исследований;
- используя имеющиеся наработки IndorCAD, разработать рекомендации по созданию инструментов автоматизированного проектирования кольцевых пересечений в двух уровнях;
- классифицировать кольцевые транспортные пересечения в двух уровнях и выработать рекомендации по применению схем в зависимости от интенсивности движения основной и пересекающейся дорог. ■

#### Литература:

1. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85. М., 2013.
2. Методические указания по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог. М.: Минавтодор РСФСР, 1979. 104 с.
3. Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL). Teil III: Knotenpunkte (RAL-K).
4. AASHTO. A policy on geometric design of highways and streets. — American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2001. 1044 p.
5. TD 42 DMRB 6.2.4 Geometric design Major Interchanges.
6. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог на примере IndorCAD/Road. М.: МАДИ, 2005. 224 с.
7. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.

# Создание ГИС автомобильной дороги «Обход г. Одинцово»

Баранник С.В., директор по проектам ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Блинов Д.С., начальник отдела внедрения ГИС ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Описывается опыт создания геоинформационной системы, начиная с этапа строительства автомобильной дороги. Рассматриваются вопросы взаимодействия различных исполнителей и заказчика работ на разных этапах создания системы. Даются ряд предложений по дальнейшему развитию ГИС.*

В данный момент в дорожной отрасли всё больше внимания уделяется информатизации и автоматизации основных процессов проектирования, содержания, паспортизации, строительства и ремонтов автомобильных дорог и искусственных сооружений на них. В связи с этим широкое распространение получают геоинформационные системы (ГИС) автомобильных дорог как инструмент, позволяющий хранить и отображать комплексную информацию о паспорте автомобильной дороги на протяжении её жизненного цикла.

Компания «ИндорСофт», являясь разработчиком геоинформационной системы автомобильных дорог IndorRoad, принимала непосредственное участие в создании ГИС следующих автомобильных дорог: М-53, М-10, М-1, М-4, дороги ФКУ «Центравтомагистраль», «Обход г. Одинцово». Среди перечисленных особенно выделяется проект ГИС «Обход г. Одинцово»

(полное название автомобильной дороги — «Новый выход на МКАД с федеральной автомобильной дороги М-1 «Беларусь» Москва — Минск») (рис. 1). Отличительной особенностью этого проекта является то, что он начал создаваться на первых этапах жизненного цикла соответствующего платного участка автомобильной дороги М-1. В данной статье рассматривается создание ГИС именно этой дороги.

Заказчиком проекта является ОАО «Главная дорога», главным интегратором — ООО «Технотрафик».

С первых же дней работы по контракту специалисты компании «ИндорСофт» установили на сервере заказчика демонстрационную версию геоинформационной системы IndorRoad с уже заполненной базой данных, содержащей примеры всех дорожных объектов на демонстрационной автомобильной дороге. Это было сделано для того, чтобы пользователи могли заранее ознакомиться с возможностями системы.

## Создание модели дороги — наполнение ГИС

На первом этапе выполнения контракта по созданию ГИС «Обход г. Одинцово» дорога фактически не существовала, шёл процесс строительства. В качестве исходных данных использовались чертежи в формате DWG, созданные 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 всей территории Земли.

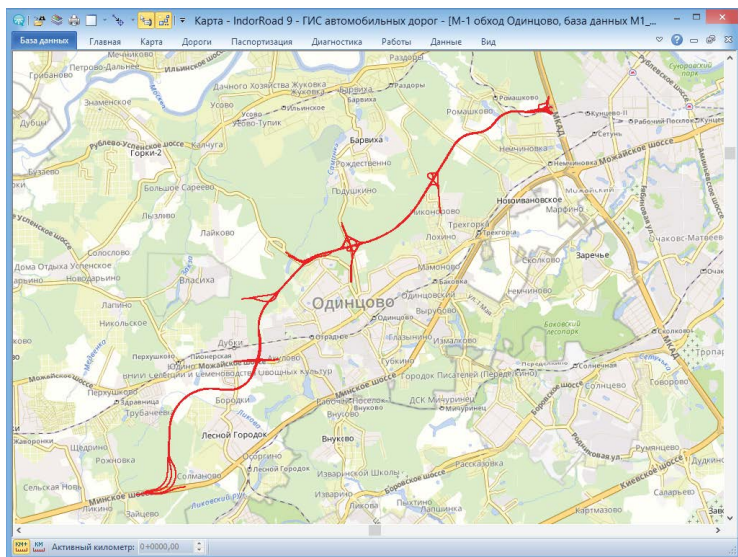


Рис. 1. Обзорный вид автомобильной дороги «Обход г. Одинцово»



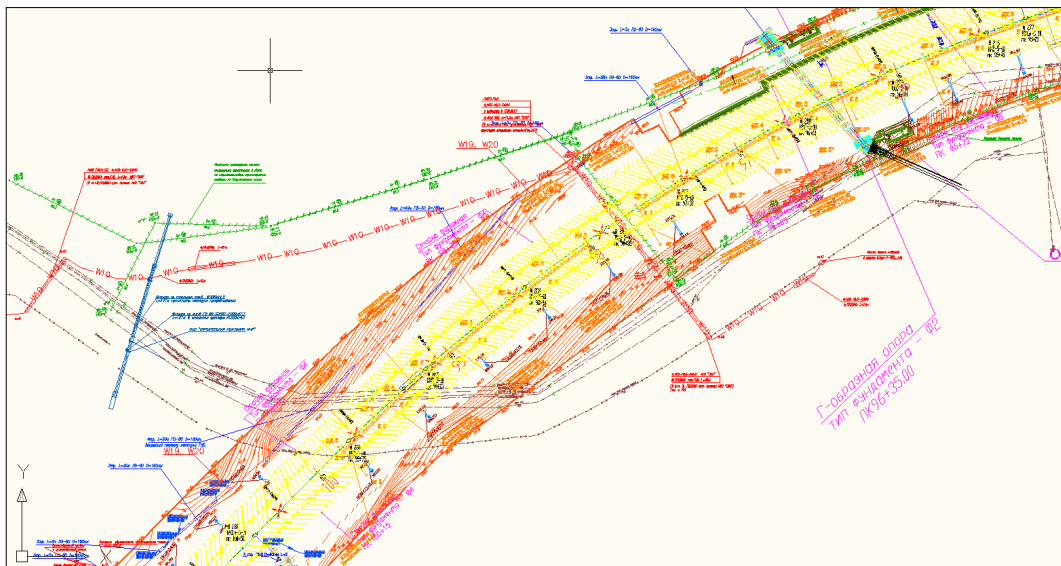


Рис. 2. Фрагмент чертежа проекта автомобильной дороги «Обход г. Одинцово» (км. 9+600)

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 т.п.), были отключены, чтобы «разгрузить» чертёж и упростить процесс оцифровки.

Все объекты дорожной инфраструктуры, нанесённые на чертёж 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».

### Внедрение

По окончании ввода данных было произведено внедрение на стороне заказчика — ОАО «Главная дорога» — путём установки и настройки серверной части с развёртыванием подготовленной базы данных, содержащей данные ГИС. Также были 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 систе-

мы управления дорожным движением (АСУДД), которые ранее не были описаны в паспорте дороги, регламентированном в документе ВСН 1-83 [1]. К таким объектам относятся различные видеокамеры, датчики движения, метеостанции и другое оборудование.

Отличительной особенностью этого проекта является то, что он начал создаваться на первых этапах жизненного цикла соответствующего платного участка автомобильной дороги М-1.

Было реализовано программное взаимодействие с автоматизированной системой управления технической документацией (АСУТД), разрабатываемой компанией «Интермех» (г. Минск). Для возможности разработки программной прослойки между системами ГИС и АСУТД была получена демонстрационная версия программного обеспечения IPS Search (АСУТД). Согласно техническому заданию был 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.

### Трёхмерная модель

Полученный от заказчика чертёж был «плоским», т.е. в нём отсутствовали данные высотных отметок. Данный 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» —

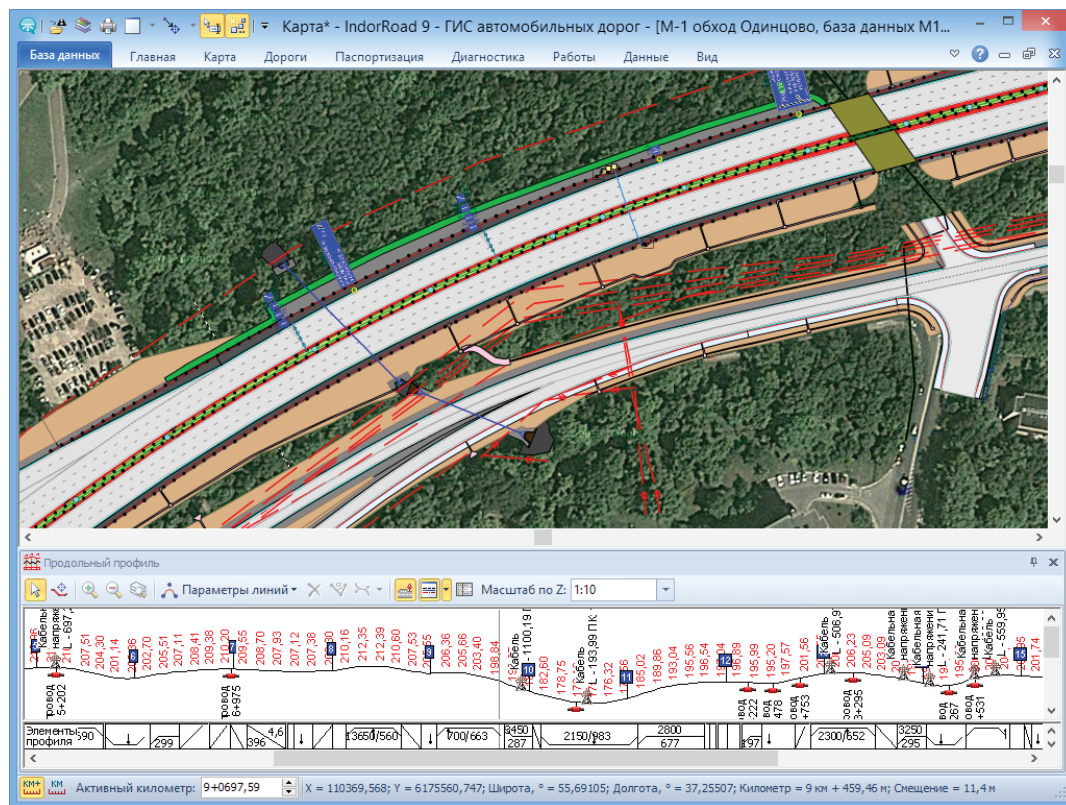


Рис. 3. Фрагмент модели автомобильной дороги «Обход г. Одинцово» в ГИС IndorRoad 9

основной проектной организацией данного проекта.

На совещании были продемонстрированы возможности ГИС IndorRoad, обозначена 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 определённые требования к исходным чертежам дороги. Данные требования 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 (рис. 3). Эти данные в совокупности с планом автомобильной дороги позволяют пользователю-дорожнику увидеть максимально полную и целостную картину устройства и состояния дороги на любом её участке. Это способствует улучшению качества инженерных ре-

шений в вопросах эксплуатации и повышения безопасности дорожного движения.

### Трудности

В процессе работы над проектом не обошлось и без трудностей, которые в большей степени имели организационный характер. Изначально интегратор настаивал на передаче результатов работ (полной копии подготовленной базы данных ГИС, дистрибутива с программой IndorRoad и пр.) сначала в «Техно-трафик», чтобы те, в свою очередь, передавали их заказчику. Это весьма тормозило процесс работы, однако с данной проблемой удалось справиться благодаря прямому диалогу с представителями заказчика, а также реорганизации в самой компании «Техно-трафик». Конечно же, это не исключало соблюдения всех необходимых формальностей.

Несмотря на то, что компании «Главная дорога» и «Техно-трафик» находятся в Москве, а «ИндорСофт» — в Томске, территориальное разделение не составило проблем. Компания «ИндорСофт» обеспечила присутствие своих представителей на всех совещаниях, затрагивающих ключевые вопросы работы над проектом. Также для передачи информации широко применялась электронная почта (для малых объёмов информации, обсуждения вопросов не в режиме реального времени, еженедельной отчётности о выполнении работ), ftp-сервера (для больших объёмов информации, таких как данные по про-

екту, резервные копии базы данных, дистрибутив IndorRoad и т.п.), а для мгновенных сообщений использовался Skype.

### Панорамная съёмка

Съёмка панорамной камерой LadyBug 5 автомобильных дорог, включая развязки и съезды, осуществляется для повышения качества принятия инженерных решений по повышению безопасности дорожного движения. При создании ГИС уже существующих автомобильных дорог компания «ИндорСофт» отработала технологию и широко применяла панорамную съёмку на всём протяжении автомобильной дороги в прямом и обратном направлениях. Эти данные собирались на начальных этапах как для целей создания ГИС (распознавание знаков, типов ограждений и т.п.), так и впоследствии для более наглядного ознакомления с дорожной ситуацией сотрудниками органов управления дорожного хозяйства (ОУДХ). Важность и информативность данных панорамной видеосъёмки была отмечена как инженерами, так и руководящим составом ОУДХ. Проведение съёмки на этапе создания ГИС «Обход г. Одинцово» (т.е. на этапе строительства) не имело смысла и, следовательно, не было включено в техническое задание. Но на этапе внедрения в процессе обучения персонала ОАО «Главная дорога» работе с ГИС были продемонстрированы возможности использования панорамной съёмки на примере других выполненных проектов. Со стороны обучаемых сотрудников поступило однозначное положительное мнение: «Панорамная съёмка нам нужна!»

### Темпоральность

Недавно компания «ИндорСофт» анонсировала выход новой версии ГИС IndorRoad 9 [2]. Одним из основных отличий от предыдущих версий является возможность просмотра состояния дорожного объекта (значений параметров, геометрии) в разные моменты времени. Использование данной функции позволит просматривать состояние автомобильной дороги на протяжении всего жизненного цикла, начиная с этапа строительства, при условии, что данные будут обновляться в связи с появлением новых объектов или изменением существующих.

Говоря об обновлении данных, можно вспомнить опыт использования ГИС в других ОУДХ: например, в ГК Автодор был принят регламент по обновлению данных ГИС, по которому за обновление данных отвечает компания ООО «Автодор-Инжиниринг». Обновление началось в конце 2013 года и успешно продолжается по мере поступления новой информации и выполнения соответствующих работ.

### Кадастровые данные

В процессе эксплуатации автомобильной дороги нередко возникают задачи, связанные с получением данных о земельных участках, например определение владельца, границ и документов на земельный участок с целью размещения объектов сервиса, рекламных конструкций и т.д. ГИС IndorRoad уже обладает функцией отображения публичной кадастровой карты Росреестра, но для получения более детальной информации также реализована возможность в полупараметрическом режиме нанести границы земельных участков и ассоциировать с ними сопутствующие документы. В процессе выполнения проекта «Обход г. Одинцово» эта информация в базу данных не вносилась. При возникновении необходимости анализа кадастровых данных в ГИС заказчику потребуется составить запросы в Росреестр по тем земельным участкам, которые находятся под дорогой «Обход г. Одинцово». Обработка и внесение полученной информации в ГИС не составит большого труда. Такого рода работы выполнялись при создании ГИС М-4 и ГИС Центравтомагистраль, и результаты оказались весьма значимыми и востребованными в соответствующих отделах как ГК «Автодор» (эксплуатирующей ГИС М-4), так и ФКУ «Центравтомагистраль» (эксплуатирующей ГИС Центравтомагистраль).

### Обмен данными с сервером ГК Автодор

ГК «Автодор» является владельцем автомобильной дороги «Обход г. Одинцово», а ОАО «Главная дорога» управляет ею по договору концессии. В силу тесного сотрудничества в части исполнения концессионером (ОАО «Главная дорога») обязательств по договору, помимо регламентированного обмена отчётными доку-

ментами, в перспективе можно было бы реализовать обмен данными между ГИС, выполняющийся с некоторой периодичностью — возможно, чаще, чем отчётность. Это позволило бы более наглядно и своевременно информировать концедента (ГК «Автодор») о выполняющихся работах, результатах диагностики и появившихся новых дорожных объектах. Данную задачу упрощает тот факт, что в ГК «Автодор» на данный момент внедрена и используется ГИС «М-4» [3], платформа которой полностью соответствует — как по модели данных, так и по функционалу — платформе, установленной в ОАО «Главная дорога», различие заключается лишь в самих данных. И у компании «ИндорСофт» есть все технические возможности для реализации обмена информацией между серверами.

Подводя итог, хочется отметить успешный опыт создания ГИС автомобильной дороги ещё на этапе строительства как со стороны исполнителя (ООО «ИндорСофт»), так и со стороны заказчика (ОАО «Главная дорога»). Данный проект открывает перспективы для дальнейшей работы в области использования ГИС уже на этапах проектирования и строительства новых автомобильных дорог, то есть в течение всего жизненного цикла дороги [4, 5]. ■

#### Литература:

1. ВСН 1-83 Типовая инструкция по техническому учёту и паспортизации автомобильных дорог общего пользования. М.: Транспорт, 1983.
2. Субботин С. А. ГИС автомобильных дорог IndorRoad. Новая версия // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 55–59.
3. Шамраев Л. Г. Совершенствование ГИС автомобильной дороги М-3 «Дон» Государственной компании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 64–66.
4. Бойков В. Н. САПР АД — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 6–9.





# Анализ дорожно-транспортных происшествий с использованием ГИС IndorRoad

Бойков В.Н., д.т.н., д.т.н., академик РАТ, профессор МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)  
Субботин С.А., начальник отдела ГИС автомобильных дорог ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*В статье подчёркивается важность анализа данных о ДТП, рассматриваются средства ГИС, помогающие выявить причины возникновения ДТП, а также определить очаги их концентрации. Приводится пример пространственного анализа места концентрации ДТП на автомобильной дороге М-1 «Беларусь» средствами ГИС автомобильных дорог IndorRoad.*

Всесторонний анализ данных о ДТП является одной из наиболее важных составляющих частей работы по организации и обеспечению безопасности дорожного движения.

Среди задач, которые решаются на основе анализа данных об аварийности, можно выделить следующие:

- изучение причин возникновения ДТП;
- прогноз аварийности;
- улучшение организации дорожного движения;
- обоснование комплекса мер по совершенствованию дорожных условий и т.д.

Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что каждое ДТП обусловлено, как

правило, несколькими одновременно действующими факторами. Для более полного изучения причин возникновения ДТП, а также для выработки предложений по устранению этих причин, целесообразно воспользоваться средствами пространственного анализа, которые предоставляли бы не только информацию о точном местоположении ДТП в пространстве, но и данные о «ситуации» (в данном случае — о расположении автомобильной дороги, её конструктивных элементов, средствах организации дорожного движения, наличии пересечений или примыканий, остановок общественного транспорта, прочих объектах в пределах придорожной полосы, а так-

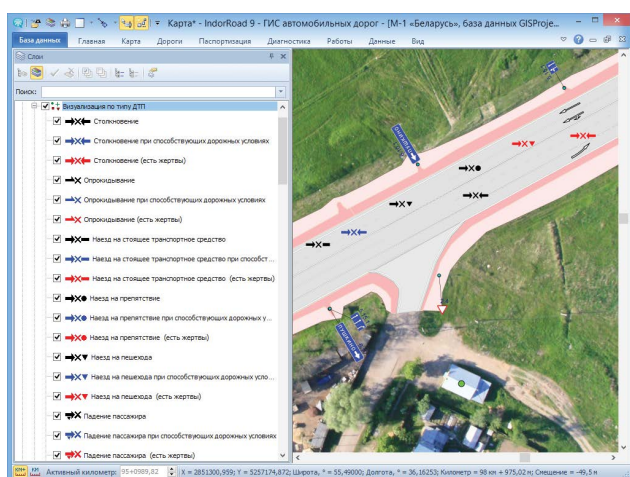


Рис. 1. Визуализация ДТП в ГИС IndorRoad

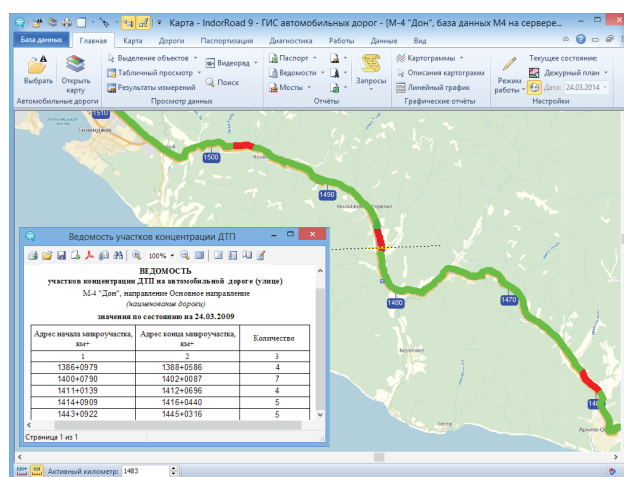


Рис. 2. Участки концентрации ДТП

Для более полного изучения причин возникновения ДТП, а также для выработки предложений по устранению этих причин, целесообразно воспользоваться средствами пространственного анализа, которые предоставляли бы не только информацию о точном местоположении ДТП в пространстве, но и данные о «ситуации»...

же об элементах продольного профиля и результатах выполненных оценок состояния автомобильной дороги).

ГИС автомобильных дорог IndorRoad предназначена прежде всего для хранения и обработки учётных данных автомобильных дорог, но кроме того существует и раздел для ведения данных о ДТП. Сведения о ДТП могут заноситься в базу данных в объёме, предусмотренном карточкой учёта дорожно-транспортного происшествия [1]. Возможности ГИС позволяют также задавать пространственное местоположение ДТП и его «линейный адрес» [2], то есть «привязывать» его к направлению дороги, проезжей части и полосе движения автотранспорта (а в случае транспортной развязки — к конкретному её съезду). На карте ДТП могут отображаться различными условными знаками в зависимости от типа ДТП (столкновение, опрокидывание, наезд на стоящее транспортное средство или пешехода и т.д.), наличия погибших или способствующих дорожных условий (рис. 1).

Существуют также и средства просмотра данных о ДТП в табличном виде с возможностью сортировки, применения произвольных фильтров и синхронизацией с местоположением на карте. При помощи стандартных средств поиска можно также формировать список ДТП, удовлетворяющих указанным условиям.

При помощи встроенных отчётов можно получить перечень ДТП, а также рассчитать

участки концентрации ДТП. Расчёт участков концентрации производится в соответствии с методикой, описанной в ОДМ 218.4.005-2010 [3]. Результаты расчёта можно просматривать в табличном виде и в виде специально построенной картограммы. Картограмма отображает участки концентрации ДТП на карте вдоль автомобильной дороги, выделяя их цветом. Это позволяет визуально представить такие участки на плане местности (рис. 2).

В процессе расчёта формируется специальный журнал, в который помещаются сведения о выполненных операциях, отсутствии некоторых исходных данных, произошедших ошибках.

Совокупность сведений о ДТП и учётных данных автомобильной дороги позволяет использовать комплексный подход к анализу причин возникновения ДТП. В качестве примера рассмотрим участок автомобильной дороги М-1 «Беларусь». Выполним расчёт участков концентрации ДТП. Выберем один из них — с 95+500 м по 96+500 м и рассмотрим его более подробно (рис. 3).

Установим активный километр, равный 95+500 м, и перейдём к этому месту на карте. Перемещаясь по карте вдоль дороги вперёд, обнаруживаем скопление ДТП на отметке 95+990 м. По типу это, в основном, столкновения движущихся транспортных средств. Оценивая обстановку, обнаруживаем наличие в этом месте примыкания и съезда. Можно предположить, что



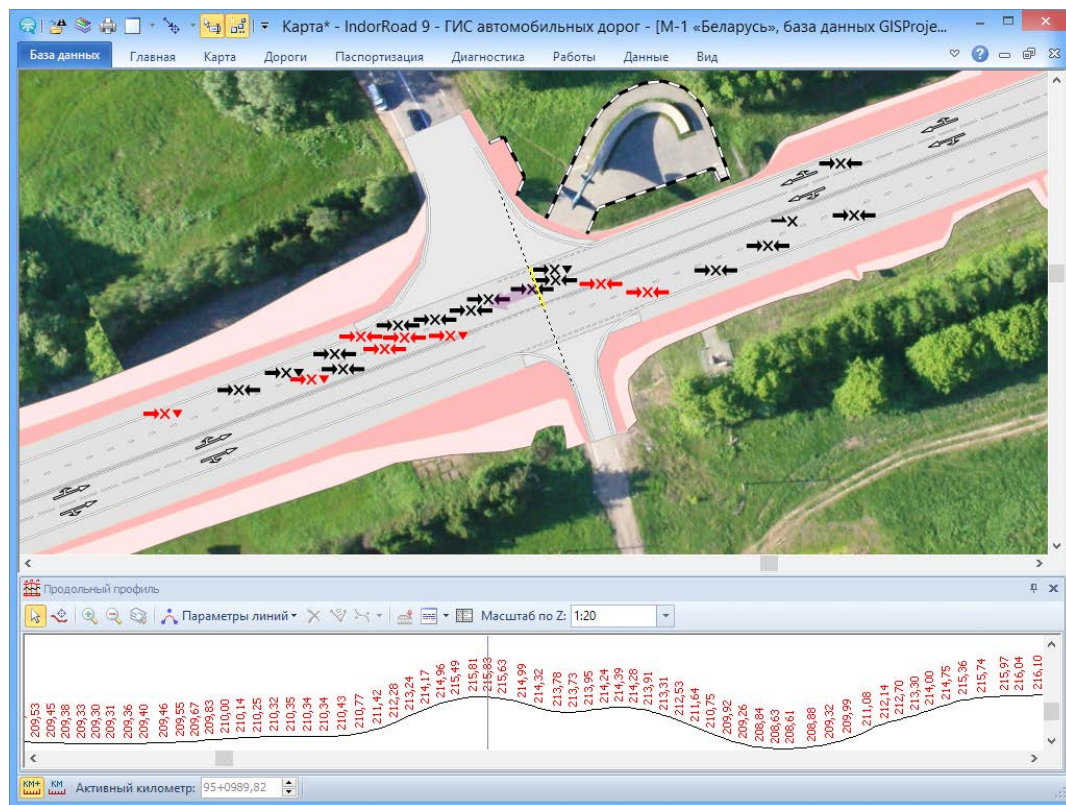


Рис. 3. Пространственный анализ ДТП

ДТП — это результат столкновения автомобилей, движущихся по основной дороге, и автомобилей, выезжающих на трассу по второстепенной дороге и по съезду. Проверим влияние продольного профиля трассы на безопасность движения в этом месте. Для этого откроем окно продольного профиля и увеличим изображение в районе активного километра. Становится видно, что автомобили, движущиеся по главной дороге, до момента столкновения находятся в конце подъёма — видимость в таких условиях ограничена, и водитель заранее не видит автомобиль, выезжающий со второстепенной дороги. В свою очередь, водителю въезжающего со второстепенной дороги автомобиля из-за изгиба рельефа тоже не видно автомобилей, движущихся по главной дороге. Ситуация усугубляется отсутствием полноценных переходно-скоростных полос как со стороны примыкания, так и со стороны съезда — автомобили, въезжающие на главную дорогу, вынуждены занимать сразу правую полосу движения.

Конечно же, для принятия конкретных мер по увеличению безопасности дорожного движения на данном участке необходимо более глубоко изучить и другие аспекты. Например, при достаточно высокой интенсивности движения по примыкающей автомобильной дороге необходимо планировать сооружение в этом месте транспортной развязки. Но уже на первый взгляд можно отметить, что сооружение на примыкании

и съезде переходно-скоростных полос должно привести к уменьшению количества ДТП в этом месте. ■

#### Литература:

1. Приказ МВД России от 18 июня 1996 г. № 328, Приложение 1.
2. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 47–54.
3. ОДМ 218.4.005–2010. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор). М., 2011. С. 13–18.
4. Субботин С. А. ГИС автомобильных дорог IndorRoad. Новая версия // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 55–59.



# «Росдортех», «Индорсофт» и наука. Кооперация — источник инноваций

Багдасарян А.А., первый зам. генерального директора ОАО «СНПЦ «Росдортех» (г. Саратов)

Пантелиди Н.С., ведущий специалист ОАО «СНПЦ «Росдортех» (г. Саратов)

Бакаев В.А., ведущий специалист ОАО «СНПЦ «Росдортех» (г. Саратов)

*Излагается концепция объединения усилий российских лидеров по разработке и внедрению геоинформационных технологий (ГИС) и систем автоматизированного проектирования (САПР) по поставке дорожно-диагностических и мостовых передвижных лабораторий под маркой ОАО «СНПЦ «РОСДОРТЕХ» совместно с ООО «ИндорСофт» и д.т.н., проф. И.Г. Овчинниковым.*

В условиях снижения темпов роста экономики и, как следствие, ожидаемого сокращения бюджетного финансирования дорожного хозяйства на региональном уровне, основным инструментом для поддержания нормативного состояния дорожной сети является оптимизация и определение очередности дорожных объектов и видов дорожных работ, то есть программно-целевое планирование. Кроме того, создание и полноценное функционирование муниципальных дорожных фондов потребует формирования новой дорожной инфраструктуры, её субъектов и объектов, что в свою очередь сделает необходимой разработку соответствующих целевых программ.

Программно-целевое планирование как основа формирования бюджетных ассигнований предусмотрено статьёй 174.2 БК РФ, а также статьями 13, 19 и главой 2 федерального закона от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

В ходе заседания, состоявшегося в Томске 5 июня 2013 года и посвящённого автопробегу «Дороги объединяют Россию», заместитель руководителя Федерального дорожного агентства (ФДА) Игорь Астахов заявил, что в России не отвечают нормативам 57,5 % дорог. В среднем, как сообщил Астахов, по километру российских дорог проезжает 6,5 тысяч автомобилей в сутки [1].

Вместе с тем, на федеральном уровне Росавтодор планирует выйти на стопроцентное финансирование содержания автомобильных

дорог с 2014 года, чтобы к 2019 году привести в нормативное состояние всю федеральную сеть автодорог. В части развития сети федеральных дорог ожидается удвоение строительства автомобильных дорог до 2022 г., о чём заявил руководитель ФДА Р.В. Старовойт. Также следует отметить, что ФДА активно обновляет нормативно-техническую документацию. Руководителем ФДА Р.В. Старовойтом отмечено, что если несколько лет назад по инициативе Федерального дорожного агентства принималось до пяти ГОСТ-ов в год, то 2013 году их было уже 40. В 2014 году ГОСТов ожидается не меньше. «Я хочу сказать, что в этом плане мы очень активно работаем, у нас только международных стандартов по плану на этот год должно быть принято больше 100. Мы ведём эту работу не только для того, чтобы технологически подтянуть свои компании. Безусловно, и для этого тоже, но нам очень интересно было бы привлечь иностранные компании на наш рынок. Для того чтобы наша нормативная база соответствовала той базе, в которой они привыкли работать, мы создаём в том числе такие условия. Если придут иностранные компании, то, во-первых, будет конкуренция, во-вторых, будет обмен опытом при реализации проектов», — отметил Р.В. Старовойт на пресс-конференции на тему «Дороги России: как приблизить качество российских дорог к мировым стандартам», состоявшейся 23 июля 2013 года в Пресс-центре РБК.

Распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации» определены мероприя-

тия по совершенствованию управленческих технологий в дорожном хозяйстве, среди которых:

- развитие инновационных систем долгосрочного и среднесрочного планирования дорожной деятельности на основе широкого внедрения методов математического компьютерного моделирования для поиска оптимальных управленческих решений;

- расширение и модернизация автоматизированных систем оперативного управления федеральных автомобильных дорог, их интеграция с корпоративной информационной системой управления Федерального дорожного агентства, объединение и унификация ряда независимых систем сбора дорожных данных (по диагностике дорог и сооружений, по инвентаризации имущества автомобильных дорог, по дорожно-транспортным происшествиям, по паспортизации дорог, по учёту интенсивности дорожного движения);

- внедрение интеллектуальных систем организации движения транспортных потоков, системы связи и информатизации на федеральных автомобильных дорогах, в том числе системы метеорологического обеспечения для информирования участников движения и эксплуатирующих организаций о состоянии проезжей части дорог, а также систем телематического мониторинга и видеонаблюдения.

Распоряжением Росавтодора от 22.11.2011 № 904-р «Об утверждении Стратегии развития инновационной деятельности Федерального дорожного агентства на период 2011–2015 годов» определены цели и задачи развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве, среди которых — формирование инновационной инфраструктуры для масштабного освоения в дорожном хозяйстве прогрессивных технологий, включая систему информационного обеспечения.

---

Практически все федеральные и территориальные управления автомобильных дорог обладают необходимым оборудованием и программными продуктами для автоматизации сбора, обработки, хранения и выдачи информации с использованием как унифицированных, так и произвольных форм.

---

В целях эффективного мониторинга исполнения принимаемых программ, а также оптимального распределения бюджетных ассигнований, информационно-коммуникационное обеспечение управления становится основным рычагом при принятии решений.

Информационно-коммуникационное обеспечение дорожной инфраструктуры сегодня представлено широким спектром технологий и методических подходов. Практически все фе-

деральные и территориальные управления автомобильных дорог обладают необходимым оборудованием и программными продуктами для автоматизации сбора, обработки, хранения и выдачи информации с использованием как унифицированных, так и произвольных форм. Сбор и обновление информации главным образом осуществляется специализированными организациями на договорной основе.

Следует признать, что имеющиеся массивы информации используются главным образом для формирования информации по статистическому наблюдению, формированию общей картины состояния дорожной сети и сравнительному анализу состояния дорожной сети в разрезе управлений.

Информационное обеспечение оперативного управления содержанием автодорожной сети как в зимний, так и в весенне-летне-осенний периоды, осуществляется на основе регулярного мониторинга силами самих управлений (кураторами автомобильных дорог). Заложенный в АБДД инструментарий по фиксации размеров и местоположения локальных разрушений проезжей части не получил широкой популярности среди кураторов автомобильных дорог из-за противоречий между методологией обновления информации и психологией недоверия, феномен которой ученые относят к «категории повышенной сложности» или «тончайшим психологическим явлениям», что свидетельствует прежде всего о чрезвычайной трудоёмкости исследования такого феномена из-за высокой динамичности и многофакторной зависимости. Указанный феномен наблюдается также при попытках автоматизации иных практических задач, реализованных в имеющихся на рынке базах дорожных данных, и постоянно подпитывается информацией о многочисленных фактах расхождений между данными из АБДД с фактическими. Не менее важным является степень актуальности имеющейся информации в АБДД, которая обновляется бессистемно, как правило не чаще одного раза в год (пункт 4.1.3 Правил диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (ОДН 218.0.006-2002, взамен ВСН 6-90, утв. распоряжением Минтранса РФ от 03.10.2002 № ИС-840-р) не регламентирует установленные промежутки времени обновления базы по диагностике), а изменение эксплуатационного состояния автомобильных дорог есть процесс непрерывный и динамично развивающийся. Из-за этого фактора пользование данными об эксплуатационных параметрах автомобильных дорог и искусственных сооружений на них становится невозможным.

Преодоление исследуемых проблем и противоречий возможно только вовлечением в процесс эксплуатации банков дорожных данных для ввода информации о текущих изменениях эксплуатационного состояния, полученных как



Рис. 1. Комплекс измерительный Аэродромно-дорожная лаборатория КП514РДТ (RDT-line)

автоматизированным, так и ручным способами специалистами низшего звена (кураторами автомобильных дорог), которые, доверяя данным, введённым собственноручно, будут вовлечены в процесс масштабной эксплуатации и популяризации банка дорожных данных. Для этой цели следует разработать специальные упрощённые интерфейсы программных продуктов для ввода и получения информации о текущем эксплуатационном состоянии автомобильных дорог и искусственных сооружений на них.

Таковую задачу поставила перед собой компания «ИндорСофт», широко известная на российском рынке геоинформационных систем (ГИС) и систем автоматизированного проектирования (САПР), совместно с ОАО «СНПЦ «РОСДОРТЕХ», по праву являющимся одним из ведущих центров страны по изготовлению, компоновке и поставке передвижных дорожных лабораторий, приборов, испытательного и технологического оборудования с организацией их метрологической аттестации, а также гарантийного и послегарантийного обслуживания.

Сотрудничество компаний-лидеров будет продолжено и по другим направлениям, таким как сопряжение передвижных дорожных лабораторий с программным комплексом ГИС автомобильных дорог IndorRoad 9.0, получившим широкую известность благодаря тесному сотрудничеству как с крупнейшими федеральными управлениями автомобильных дорог, среди которых Государственная компания «Российские автомобильные дороги» (ГК «Автодор»), так и структурами с небольшим бюджетом. Первый совместный проект реализован на базе Комплекса измерительного Аэродромно-дорожная лаборатория КП514РДТ (RDT-line) с программным комплексом ГИС автомобильных дорог IndorRoad 9 [2], которая будет эксплуатироваться в Дальневосточном федеральном округе Филиалом ФКУ «Росдортехнология» в ДВФО (г. Хабаровск).

Большое внимание tandem будет уделять модернизации других подсистем, материальная часть которых изготавливается силами ОАО «СНПЦ РОСДОРТЕХ» и их партнерами, в том числе зарубежными, с их ориентацией на программные продукты компании «ИндорСофт».

Программный комплекс САПР IndorCAD компании «ИндорСофт» также получит широкое применение совместно с передвижной мостовой лабораторией, укомплектованной ОАО «СНПЦ РОСДОРТЕХ» по рекомендациям, разработанным доктором технических наук, профессором И.Г. Овчинниковым. Рекомендации И.Г. Овчинникова основаны на моделировании операций по обследованию и испытанию мостов в соответствии с ОДМ 218.4.001-2008 «Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах», утверждённых распоряжением Росавтодора от 11.06.2008 № 219-р, и формированию перечня необходимых приборов, оборудования и программного обеспечения при каждой операции. В качестве программного комплекса И.Г. Овчинниковым рекомендована Автоматизированная информационная система по искусственным сооружениям на федеральных и территориальных автомобильных дорогах России (АИС ИССО), разработанная Сибирским государственным университетом путей сообщения (г. Новосибирск). Указанный программный продукт сочетается с семейством программ Indor, разрабатываемым и сопровождаемым компанией «ИндорСофт». В АИС ИССО воплощена современная идеология ведения и сопровождения базы данных по мостовым сооружениям на автомобильных дорогах. Она предназначена для технического учёта, информационного обеспечения процесса управления, содержания искусственных сооружений, оценки уровня эксплуатационной надёжности и оптимизации финансовых затрат на их содержание и ремонт.



Угол поворота, °	±360
Продольный уклон, ‰	±105
Поперечный уклон, ‰	±105
Диапазон измерения поперечной ровности, мм	от 50 до 500
Рабочая скорость измерения геометрических параметров, км/ч	25
Рабочая скорость измерения ровности, км/ч	50
Рабочая скорость измерения коэффициента сцепления, км/ч	60
Потребляемая мощность, не более, Вт	360
Погрешность измерения пройденного пути, %	0,1
Точность измерения поперечной ровности, мм	±1
Диапазон измерения продольной ровности, мм/м	от 2 до 10
Диапазон измерения длины пройденного пути, м	от 0 до 10 <sup>6</sup>

Таблица 1. Технические характеристики Комплекса измерительного Аэродромно-дорожная лаборатория КП514РДТ (RDT-line)

Разработанный ОАО «СНПЦ РОСДОПТЕХ» Комплекс измерительный Аэродромно-дорожная лаборатория КП514РДТ (RDT-line) предназначен для измерения транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог. Он представляет собой измерительно-вычислительный комплекс, установленный на шасси спецавтомобиля Пежо Боксер, ФОРД Джамбо, ФОРД ТРАНЗИТ, Фольксваген Крафтер, ГАЗ-3221 (Газель) и пр. (рис. 1).

С помощью передвижной дорожной лаборатории измеряются:

- поперечная ровность (с помощью инфракрасного лазерного плоскостного излучателя);
- геометрические параметры: продольные и поперечные уклоны, радиусы кривых в плане и профиле, высотные отметки, видимость, пройденный путь (с помощью малогабаритной инерциальной системы (МИНС));
- географические координаты (с помощью GPS/GLONASS-приёмника);
- ровность дорожного покрытия (с помощью толчкомера);
- продольная ровность по международной системе IRI (с помощью лазерных датчиков);
- прочность дорожных конструкций (с помощью прогибомера ПРИМАКС 2500 или установки ДИНА-3);
- фиксируются параметры инженерного обустройства (с помощью программируемой клавиатуры);
- коэффициент сцепления (с помощью прибора ПКРС-РДТ);
- снимается видеoinформация по дорогам и искусственным сооружениям с формированием банка видеоданных.

Технические характеристики Комплекса измерительного Аэродромно-дорожная лаборатория КП514РДТ (RDT-line) приведены в таблице 1.

Благодаря компании «ИндорСофт», выступающей дилером компании MDL, которая внедряет новые технологии геодезических изысканий и съёмок автомобильных дорог и мобильного лазерного сканирования (MDL Dynascan Mobile Mapping System), ОАО «СНПЦ РОСДОПТЕХ» сможет укомплектовать свой Комплекс измерительный Аэродромно-дорожная лаборатория КП514РДТ (RDT-line) новыми модификациями мобильного лазерного сканирования — с одной или двумя лазерными головками, ИНС «геодезического» или «ГИС-овского» классов, обладающими следующими техническими характеристиками:

- дальность до 250 м;
- точность измерений до 1 см;
- до 72 000 точек/сек.

В дорожной отрасли лазерное сканирование эффективно применяется в трёх широких областях: в инженерно-геодезических изысканиях при проектировании и исполнительной съёмке; для паспортизации, инвентаризации существующей инфраструктуры; для создания ГИС и геопространственных баз дорожных данных [3].

Список литературы:

1. Эксперты признали непригодными более половины российских дорог // Официальный сайт информационного агентства Lenta.ru. 2013. 5 июня. URL: <http://lenta.ru/news/2013/06/05/noway/> (дата обращения 27.03.2014).
2. Субботин С.А., Скачкова А.С. ГИС автомобильных дорог IndorRoad. Новая версия // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 55–59.
3. Сарычев Д.С. Мобильное лазерное сканирование // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 36–41.



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
САРАТОВСКИЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

# РОСДОРТЕХ

## КОМПЛЕКС ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ АЭРОДРОМНО-ДОРОЖНОЙ ЛАБОРАТОРИИ КП514РДТ (RDT line)



**[www.rosdorteh.ru](http://www.rosdorteh.ru)**  
**E-mail: [info@rosdorteh.ru](mailto:info@rosdorteh.ru)**

**ОАО «СНПЦ РОСДОРТЕХ»**  
**г.Саратов, пр.Строителей д.10-А**  
**тел.: (8452) 62-07-50**

# Поддержка темпоральности в ГИС автомобильных дорог IndorRoad

Скачкова А.С., ведущий разработчик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Субботин С.А., начальник отдела ГИС автомобильных дорог ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Скворцов А.В., д.т.н., профессор, ген. директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Приводится определение темпоральности и битемпоральности. Рассматриваются возможности, которые сможет предоставить ГИС автомобильных дорог при поддержке темпоральности. Обозначается круг задач, решать которые стало возможным благодаря поддержке темпоральности в ГИС IndorRoad.*

## Введение

Процесс информатизации дорожной отрасли продолжает набирать обороты. Информационные системы давно стали реальностью и постепенно вымещают бумажные варианты паспортов. Совместное использование ГИС и САПР автомобильных дорог позволяет увеличить эффективность решения задач, возникающих в течение всего жизненного цикла автомобильных дорог [1]. Однако на данный момент большинство информационных систем использует далеко не весь свой потенциал, предоставляя возможность хранить в базе данных лишь текущее состояние автомобильной дороги. При этом уже появилась необходимость полноценной работы и с другими временными срезами, что позволило бы обеспечить доступ к архивным данным, отслеживать происходящие с автомобильной дорогой изменения, управлять проектами. Кроме того, есть потенциал и для повышения удобства наполнения баз данных: возможность восстановления случайно затёртых или удалённых данных и контроля за вводом данных с поиском ответственных за внесённые изменения.

## Темпоральность

Все эти вопросы так или иначе связаны с так называемой темпоральностью [2]. В очень широком смысле темпоральные данные — это данные, которые связаны с определёнными датами или интервалами времени. Поддержка темпоральности информационной системой предполагает возможность работы с временными данными: возможность указывать для объектов связь с временем, их изменения и просматривать временные срезы данных.

Различные виды атрибутов [3], содержащих информацию о времени, представлены в таблице 1 и проиллюстрированы на рисунке 1.

## Действительное время

При работе с ГИС автомобильных дорог можно поставить перед системой следующие вопросы:

- Когда была установлена автобусная остановка?
- Была ли в прошлом году автобусная остановка на заданном километре?
- Какие изменения произошли на участке дороги?

Информационная система сможет ответить на эти вопросы, если будет поддерживать темпоральность по действительному времени, т.е. хранить время, когда объект изменился в реальном мире [4].

Какие же новые возможности сможет предоставить нам такая информационная система? В первую очередь это хранение в одном месте истории всего жизненного цикла автомобильной дороги, включая хранение архивных данных. При поддержке системой темпоральности отпадает необходимость обращения к архивным базам данных или же бумажному архиву. Кроме того, появляется возможность анализа изменений, происходивших с отдельными объектами, их группами или же всей дорогой.

## Нелинейность действительного времени

Несколько сложнее обстоит дело с хранением информации о будущем, ведь зачастую существуют альтернативные версии развития ситуации. Зачем нам может понадобиться информация о будущем? В случае ГИС или



Таблица 1. Виды атрибутов, содержащих информацию о времени

Вид	Определение	Атрибут	Пример
Временная отметка	Точка времени на соответствующей временной оси	Дата оценки состояния дорожного объекта	01.02.2014
Интервал времени	Время между двумя временными отметками	Время проведения работ	с 01.02.2014 по 01.04.2014
Список интервалов	Конечное множество интервалов времени	Периоды функционирования паромных переправ	с 15.05.2012 по 15.12.2012 и с 25.05.2013 по 25.11.2013

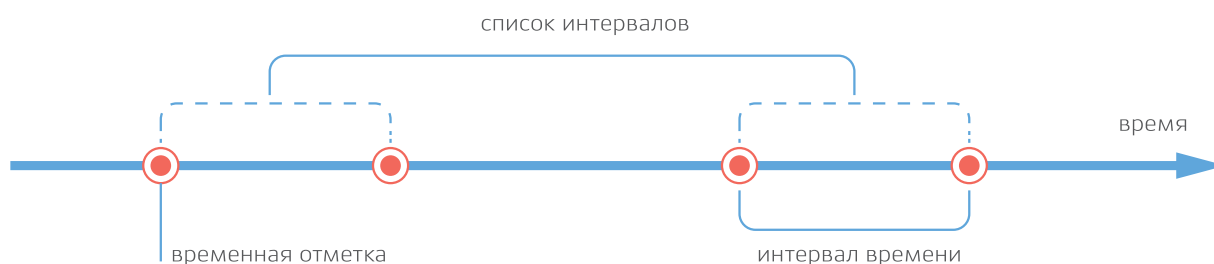


Рис. 1. Виды атрибутов, содержащих информацию о времени

САПР автомобильных дорог речь может идти о различных вариантах проектов. Изменения, которые планируется реализовать в рамках проекта, могут храниться независимо, но в той же базе данных, что позволит с одной стороны управлять реализацией проекта, а с другой стороны — продолжать вести историю актуального состояния автомобильной дороги. При этом можно проводить многовариантное проектирование и сравнивать различные версии проектов друг с другом. По завершении проекта после небольшой его корректировки по результатам исполнительной съёмки можно применить изменения к текущему состоянию автомобильной дороги (рис. 2). Сам проект и его альтернативные версии продолжают храниться в базе данных, и к ним всегда можно будет вернуться, чтобы сравнить с результатом или же просто просмотреть.

### Транзакционное время

Информация об изменениях, произошедших с объектом, когда речь идёт об автомобильной дороге, может попадать в базу данных не сразу. Иногда информация вносится не в полном объёме, а иногда вносятся ошибочные данные, и в таком случае информация в базе данных будет изменяться, хотя в реальности с объектом изменений

не происходило. Такая ситуация приводит к появлению новых вопросов, например:

- Когда информация об автобусной остановке была внесена в базу данных?
- Какая информация об автобусной остановке была в базе данных в прошлом году?
- Какие изменения были внесены в информацию об автобусной остановке с прошлого года?

На эти вопросы информационная система может ответить, если поддерживает темпоральность по транзакционному времени, т.е. хранит время изменения данных [4]. Чем же полезно хранение таких данных в ГИС?

Одна из главных задач, возникающая на практике при вводе данных — это восстановление случайно удалённых объектов. В случае непреднамеренного удаления данных поможет архив изменений, который хранит информационная система, поддерживающая транзакционную темпоральность. Из этого архива можно восстановить удалённые объекты. Кроме того, в том же архиве хранятся и все предыдущие версии объектов, что позволит восстановить данные не только в случае удаления, но и в случае замещения корректной информации некорректной.

Чтобы уменьшить вероятность ошибок при изменении текущего состояния, транзакционная темпоральность позволяет обеспечить независимый ввод данных операторами. При просмотре текущего состояния эти данные будут отображаться не сразу, а только после процедуры применения изменений, которая предоставляет возможность дополнительного контроля корректности модифицированных данных.

В архиве, кроме версий объектов, можно хранить информацию о том, кем и когда были сделаны изменения, что в случае необходимости позволит выяснить, кто ввёл некорректные данные, кто принял эти изменения, и когда это произошло. Из этих же данных можно собрать различную статистику по действиям операторов ввода.

### Битемпоральность

Для большинства объектов полезно хранить связи как с действительным, так и с транзакционным временем. Поддержка двух временных осей называется битемпоральностью [4]. Рассмотрим на примере, что может происходить с объектом и информацией, хранящейся о нём в базе данных. В 2012 году при заполнении базы данных была внесена информация об откосе земляного полотна, для него была указана дата создания объекта —

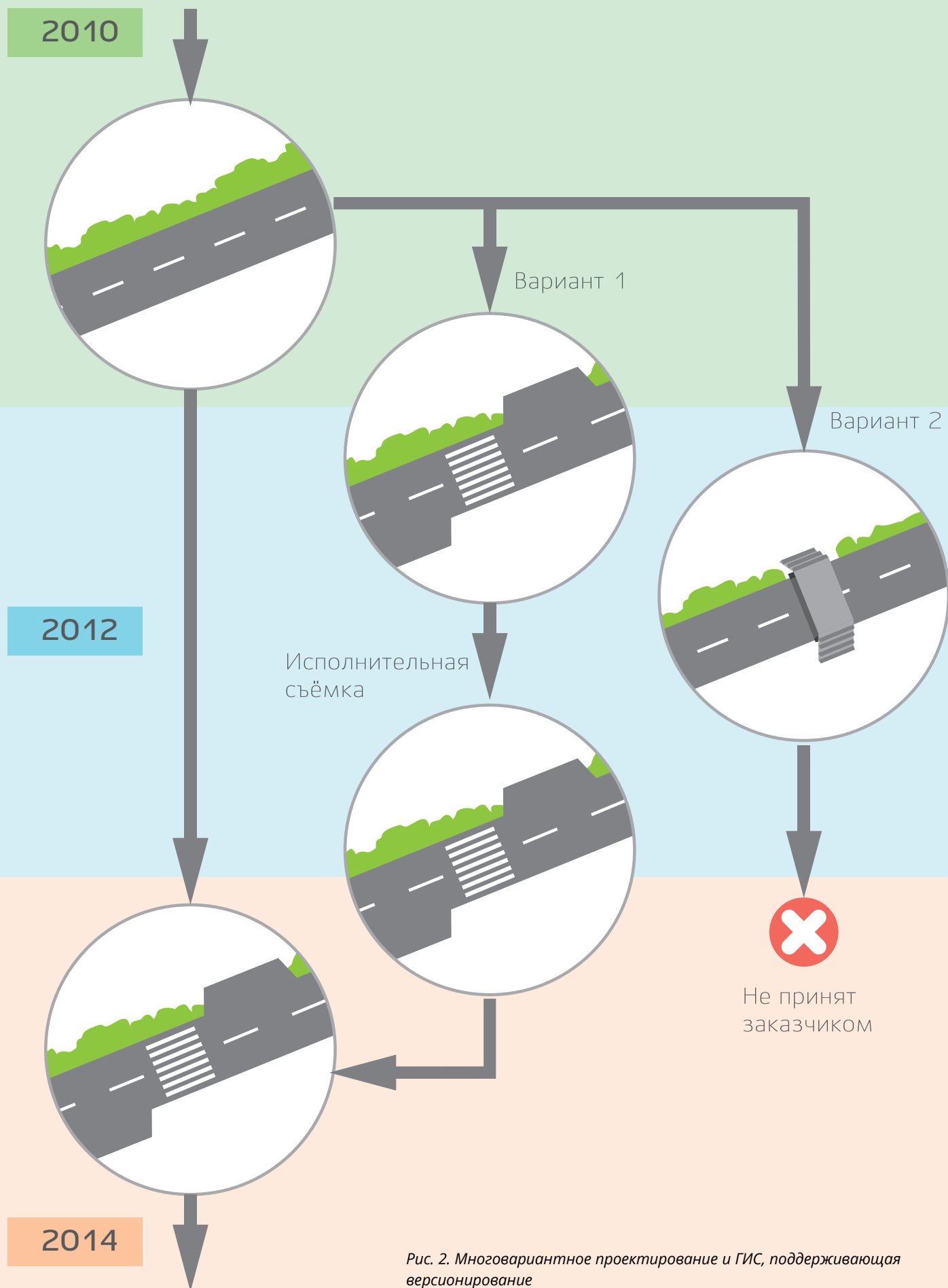


Рис. 2. Многовариантное проектирование и ГИС, поддерживающая версионирование

Таблица 2. Информация об объекте в системе, поддерживающей битемпоральность

Объект	Ширина	Действительное время		Транзакционное время	
		с	по	с	по
Откос земляного полотна, М-0 «Демо», км 336+825,40	3,28	01.03.2010	По настоящее время	01.03.2012	01.03.2014
	3,28	01.03.2010	02.02.2014	01.03.2014	По настоящее время
	5,00	02.02.2014	По настоящее время	01.03.2014	05.03.2014
	4,96	02.02.2014	По настоящее время	05.03.2014	По настоящее время

01.03.2010 и ширина — 3,28 м. В марте 2014 года вносились изменения, произошедшие в феврале, но сначала была внесена неточная информация о ширине — 5 м, которая затем была исправлена на 4,96 м. В случае поддержки битемпоральности всю информацию об объекте, хранящуюся в базе данных, можно представить в виде таблицы 2.

### Реализация в коммерческих системах

На данный момент многие коммерческие системы в той или иной степени поддерживают темпоральность. На уровне СУБД поддержка транзакционной темпоральности появилась в новой версии Microsoft SQL Server 2012 (Microsoft, США). Oracle (Oracle, США)

уже несколько лет обеспечивает полноценную поддержку битемпоральности с помощью дополнения Workspace Manager. Появилось расширение, добавляющее поддержку темпоральности в PostgreSQL (The PostgreSQL Global Development Group). Есть даже СУБД, которые изначально создавались с поддержкой темпоральности, например TimeDB (Steiner A., Швейцария).

Из геоинформационных систем, полноценно поддерживающих темпоральность, особо стоит выделить ArcGIS (ESRI, США). База геоданных ArcGIS поддерживает многопользовательское редактирование данных путём создания версий. Дополнительный модуль системы Tracking Analyst предоставляет обширный функционал для работы с темпоральными данными

ми, уделяя особое внимание обработке данных в реальном времени.

### Реализация темпоральности в ГИС IndorRoad

Компания «ИндорСофт» в 2014 году выпустила новую, 9-ю версию ГИС IndorRoad [5], в которой введена полноценная поддержка битемпоральности. В модель дорожных данных были внесены изменения [6], необходимые для хранения интервалов актуальности по действительному и транзакционному времени, что позволило решать важные и полезные задачи:

■ Хранение и просмотр архива. Просматривать данные из прошлого можно, просто переключив текущую дату в настройках программы. При

Откос земляного полотна: Просмотр изменений

Карточка Документы Ж

28.08.2013 02.02.2014

Откос насыпи Объект

Местоположение на дороге

Автомобильная дорога: М-0 "Демо"

Направление: Альтернативное направление

Ось: Проектная ось

Сегмент: 330.473 - 353.702 (Начало альтернативного проезда ч/з г...)

Начало, км: 335,368 Начало, км+: 336 +825,40

Конец, км: 335,748 Конец, км+: 337 +197,20

Расположение: Справа

Откос насыпи

Укрепление: Засев трав

Вид грунта: Нет данных

Тип: ☐ Выемка ☒ Насыпь

Откосы

Высота левого, м: Нет данных Высота правого, м: Нет данных

Ширина левого, м: 0,000 Ширина правого, м: 3,280

Площадь откосов, м²: Нет данных

Располагается на съезде: Нет данных

OK

Рис. 3. Сравнение атрибутивных данных объекта в системе IndorRoad 9



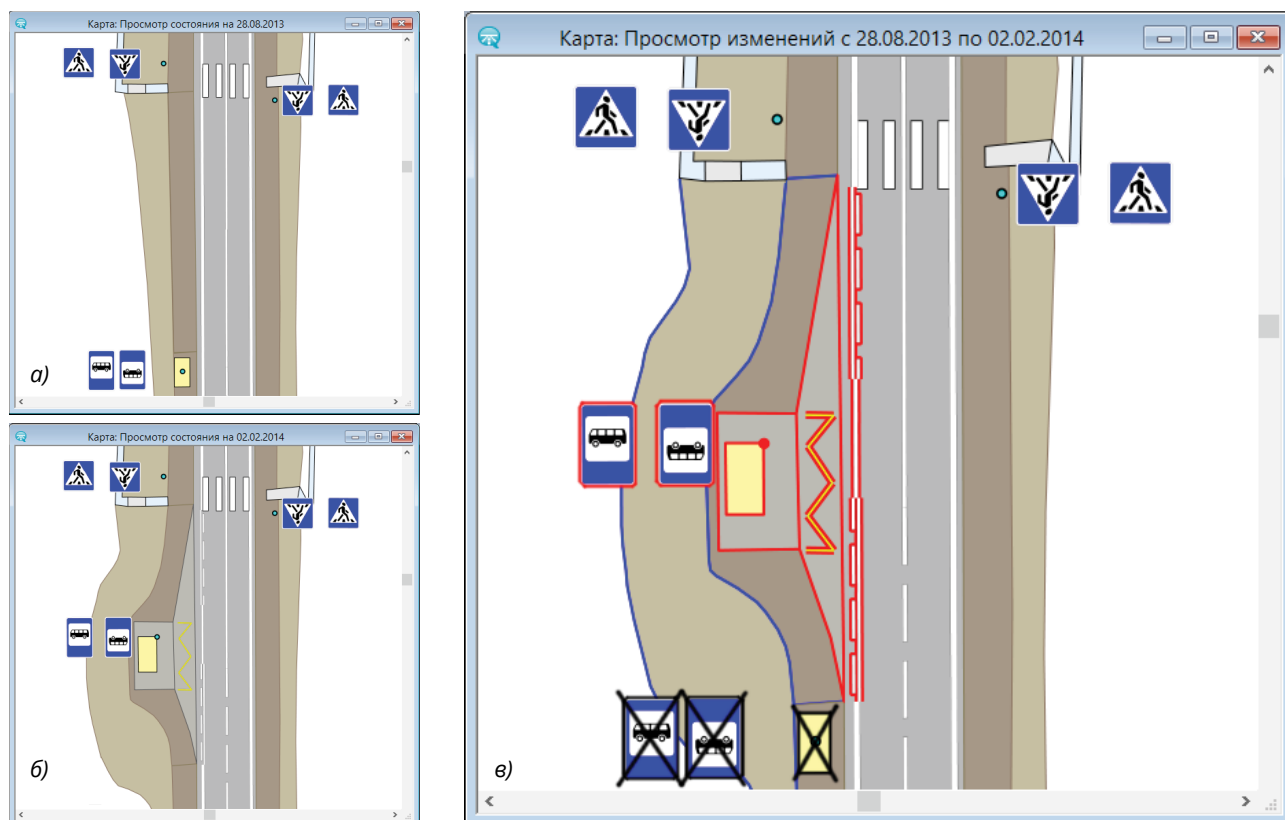


Рис. 4. Просмотр участка автомобильной дороги на карте в системе IndorRoad 9:  
а) до изменений, б) после изменений, в) в режиме сравнения изменений

этом доступен весь функционал ГИС: поиск объектов, просмотр видеорядов, актуальных на выбранную дату, формирование различных ведомостей и отчетов, построение картограмм и т.д.

■ Сравнение различных временных срезов. Просматривать изменения можно как в карточках объектов (рис. 3), так и на карте (рис. 4).

■ Многовариантное проектирование. Программа позволяет работать с альтернативными версиями проектов, которые можно сравнивать друг с другом и с текущим состоянием.

■ Восстановление удалённых и испорченных данных. Архив изменений, который хранит программа, позволяет в случае необходимости вернуть нужную информацию.

■ Просмотр журнала операций. Журнал операций позволяет отследить, кто и когда вносил изменения.

### Заключение

В изменчивом современном мире недостаточно работы лишь с текущим состоянием, требуется оценка состояния автомобильной дороги в динамике. Отслеживание и анализ происходящих изменений становятся приоритетными направлениями по развитию ГИС. Реализация битемпоральности в ГИС IndorRoad 9 позволяет вывести решение задач по управлению жизненным циклом автомобильных дорог на новый уровень [7]. Благодаря этому нововведению от-

крываются перспективы по анализу изменений, происходящих на дороге, и упрощается процесс наполнения базы данных. ■

#### Литература:

1. Бойков В.Н. САПР АД — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
2. Костенко Б.Б., Кузнецов С.Д. История и актуальные проблемы темпоральных баз данных // Труды института системного программирования РАН. 2007. Т. 13. №2. С. 77–114.
3. Jensen C.S., Dyreson C.E. (Eds). The consensus glossary of temporal database concepts // Temporal Databases: Research and Practice. Springer Verlag. 1998. 367–405.
4. Jensen C.S., Snodgrass R.T. Temporal Data Management // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 1999. January/February. №11(1). 36–44.
5. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.
6. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 47–54.
7. Субботин С.А., Скачкова А.С. ГИС автомобильных дорог IndorRoad. Новая версия // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 55–59.

# Использование различных стандартов при описании дорожных данных в программных продуктах «ИндорСофт»

Кривопалов А.Д., ведущий разработчик ГИС автомобильных дорог ООО «ИндорСофт» (г. Томск)  
Скворцов А.В., д.т.н., профессор, ген. директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)  
Петренко Д.А., технический директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Рассматривает проблемы и ограничения, налагаемые на программные продукты государственными и отраслевыми стандартами, и описывает, как такие проблемы решаются в программных продуктах компании «ИндорСофт». В статье содержатся общие принципы работы в системах с поддержкой множества стандартов на дорожные объекты и примеры решаемых задач.*

При разработке любых проектов, равно как и при решении задач паспортизации в дорожном хозяйстве, одним из главных требований является следование нормативным документам, закрепляющим правила использования элементов дорожного обустройства и технические требования к ним. Использование таких нормативных документов, или стандартов, позволяет унифицировать проекты, разрабатываемые различными организациями, эффективно обмениваться ими и воплощать проекты в реальность. Государственные стандарты, регламентирующие дорожное хозяйство, существуют и применяются по всему миру. В странах СНГ они основаны на соответствующих советских ГОСТах. Однако, несмотря на общие корни, в различных государствах эти стандарты развивались и изменялись по-разному, что привело к появлению множества различных ГОСТов, лишь частично совместимых друг с другом. Из-за этого программные инструменты, используемые дорожными инженерами, оказываются ограниченными заложенными в них нормативными документами. Программный продукт, содержащий лишь российские ГОСТы, является бесполезным для пользователей из других стран, и наоборот.

Более того, даже в рамках одного государства стандарт со временем видоизменяется, выпускаются и утверждаются новые редакции, вносятся правки, а впоследствии разрабатывается другой стандарт, который заменяет собой устаревший.

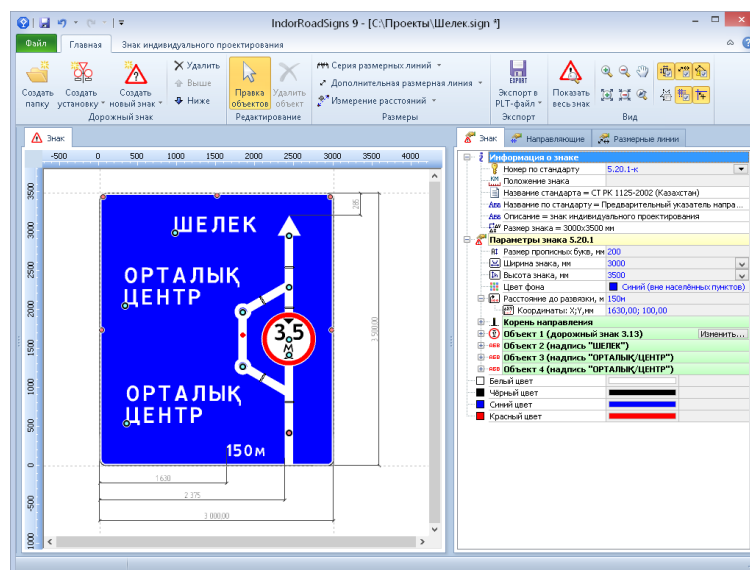
В подобных ситуациях возникают следующие проблемы:

- Реально существующие элементы дороги в связи с принятием нового стандарта оказываются устаревшими и не поддаются паспортизации.
- Проектная и паспортная документация, разработанная с использованием устаревшего стандарта, оказывается несовместимой с новым стандартом и программными инструментами, перешедшими на его использование.
- При создании различных ведомостей, таких как ведомость дорожных знаков или сводная ведомость объёмов горизонтальной дорожной разметки, результаты могут различаться в зависимости от используемого стандарта.



Рис. 1. Примеры обозначений дорожных знаков в различных ГОСТах

Рис. 2. Редактор дорожных знаков  
IndorRoadSigns



Таким образом, возникает необходимость в программном обеспечении, поддерживающем не только актуальные стандарты различных государств, но и отменённые версии таких стандартов (рис. 1) [1, 2].

Такая возможность реализована в новой линейке программных продуктов «ИндорСофт»: системе проектирования автодорог IndorCAD, системе проектирования дорожных знаков IndorRoadSigns (рис. 2), геоинформационной системе автомобильных дорог IndorRoad и системе подготовки чертежей IndorDraw [3]. На данный момент в эти программы включены стандарты на дорожные знаки и разметку для таких государств, как Россия, Казахстан, Беларусь и Украина. Также поддерживаются ГОСТы Советского Союза и ведётся работа над расширением этого списка.

Поддержка множества стандартов позволила решить проблемы совместимости, когда, например, проекты IndorCAD, выполненные в старых версиях программы, оказывались несовместимы с новой версией, в которой использовался другой ГОСТ для дорожных знаков или разметки. Такая ситуация могла привести к неточностям или потере данных при конвертации проекта в новый формат из-за того, что не всегда старые знаки или элементы разметки точно соответствовали новым. В то же время пользователь может быть заинтересован именно в такой конвертации данных из старого формата в новый, например, когда на основе существующего проекта создаётся иной проект или его обновлённая версия. Также можно представить ситуацию, когда проект дороги, разработанный в стандарте одного государства, требуется привести к стандартам государства другого, например вследствие перехода некоторого субъекта в состав другой страны. Другим примером может служить повторное использование типовых проектных решений в проекте, выполняемом в другой стране.

Программы «ИндорСофт» предоставляют такую возможность, устанавливая соответствия между аналогичными дорожными знаками и элементами разметки различных ГОСТов. Например, знак 1.16.1 «Искусственная неровность» белорусского стандарта СТБ 1140-99 [4] при конвертации в российский ГОСТ Р 52290-2004 [1] получит номер 1.17.

Для задач паспортизации поддержка различных стандартов оказывается не менее полезной. В частности, при занесении данных изысканий в базу данных может сложиться ситуация, когда знаки, установленные на местности в соответствии с предыдущим стандартом, в новом стандарте отсутствуют, выглядят по-другому или просто имеют другой номер. В системе IndorRoad пользователь, выполняющий ввод, может добавить знаки в соответствии с устаревшим ГОСТом, получая таким образом точные и неискажённые сведения. После этого программа позволяет запустить процедуру конвертации, в ходе которой знаки, имеющие строгие аналоги в новом ГОСТе, автоматически заменяются этими аналогами, а оставшиеся помещаются в отдельный список, предоставляющий пользователю возможность выбрать индивидуальные действия для каждого из таких знаков. Аналогичные операции доступны и для дорожной разметки.

Проблема с созданием ведомостей также решается с помощью поддержки устаревших стандартов. Во время формирования ведомостей программы «ИндорСофт» могут использовать данные о том, к какому стандарту относятся элементы дорожного обустройства, и в вычислениях применять характеристики из нужного стандарта, а не только из самого нового. При этом в ведомости вносятся соответствующие пометки, указывающие, что для некоторых знаков или элементов разметки был использован устаревший ГОСТ. В частности, некоторые дорожные знаки за свою историю успели сменить номер, а их старые





Рис. 3. Пример записи номера дорожного знака

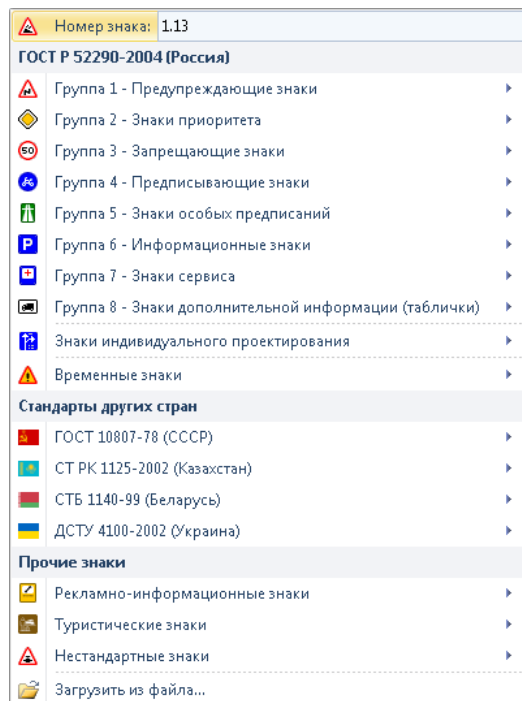


Рис. 4. Меню для выбора номера дорожного знака в продуктах «ИндорСофт»

номера в новых редакциях стандарта оказались заняты другими знаками. В ГОСТах различных государств, и даже в разных ГОСТах одного государства, один и тот же номер может означать совершенно разные по смыслу элементы. Таким образом, в системах с поддержкой множества стандартов требуется способ однозначной идентификации элементов этих стандартов.

В продуктах «ИндорСофт» эта задача решается с помощью специальной системы записи номеров стандартизируемых элементов (рис. 3).

Запись элемента в этой системе состоит из нескольких уровней: номер элемента в стандарте, за которым следует двухбуквенный код страны в соответствии с ГОСТ 7.67–2003 [5] номер ГОСТа или наименование и редакция стандарта. Таким образом, полная запись для знака 5.40 «Пешеходная зона» в первой редакции белорусского стандарта СТБ 1140-99 [3] будет выглядеть следующим образом: 5.40/Bu/1140-99/1. Конечно, в большинстве случаев пользователь будет работать с наиболее актуальным стандартом, поэтому такая громоздкая форма записи будет лишь создавать неудобства, если использовать её для каждого стандартизируемого элемента. Поэтому

данная система предусматривает и сокращённые формы записи, позволяющие отбросить поля, содержащие избыточную информацию. При этом программа подставляет в пропущенные поля некоторые значения по умолчанию. Например, если в записи опустить поле с кодом государства, то будет использовано государство, выбранное в настройках приложения, если опустить поле с номером ГОСТа, то будет использован наиболее поздний стандарт для выбранного государства, и т.д. В частности, запись для упомянутого ранее белорусского знака 5.40 из первой редакции ГОСТа можно сократить до 5.40/Bu/1 или даже до 5.40/1, если Беларусь уже выбрана в качестве страны по умолчанию. Такая форма записи не только позволяет однозначно идентифицировать стандартизируемые элементы, но и является удобной как для чтения, так и для ввода данных.

Выбрать нужный знак или элемент дорожной разметки можно двумя способами: введя номер этого элемента либо воспользовавшись специальным иерархическим меню. Это меню является общим для всех продуктов и предоставляет пользователю возможность выбрать нужный ему ГОСТ, а затем — элемент этого ГОСТа. Каждый стандарт содержит не только элементы, актуальные для последней редакции, но и устаревшие элементы, например дорожные знаки, существовавшие в предыдущих редакциях стандарта, а позже отменённые. При этом для удобства пользователя на верхний уровень списка выводится содержание актуального стандарта государства, выбранного в настройках приложения (рис. 4). При необходимости пользователь может выбрать другой стандарт в качестве используемого по умолчанию, если большую часть времени он работает с этим ГОСТом и желает ускорить доступ к нему. Такая возможность окажется полезной для тех, кто переносит с бумаги в компьютер старые проекты и паспортные данные.

Подводя итог, можно сказать, что внедрение поддержки различных стандартов не только повысило актуальность программного обеспечения «ИндорСофт» для профессионалов дорожной отрасли за пределами России, но и обеспечило комфортную работу с устаревшими данными и безболезненный переход от старых стандартов к новым. ■

#### Литература:

1. ГОСТ Р 52290-2004 Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования. 129 с.
2. ГОСТ 10807-78 Знаки дорожные. Общие технические условия. 137 с.
3. Петренко Д. А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1 (1). С. 12-19.
4. СТБ 1140-99 Знаки дорожные. Общие технические условия. 114 с.
5. ГОСТ 7.67–2003 Коды названий стран. 41 с.

# Концептуальная модель функционирования системы ВАДС как основа компьютерной имитации

Ерёмин В.М., к.т.н., профессор, профессор МГИУ (г. Москва),  
генеральный директор ООО «ИНЭМДорТранс»



*Рассматриваются основные признаки системы «водитель — автомобиль — дорога — окружающая среда» (ВАДС), а также существующие сложности в описании системы и её компонентов. Предлагается новый подход, основанный на методах имитационного моделирования, который не только позволяет описать элементы системы и принципы их взаимодействия, но и определить реакции любого элемента на изменение состояния системы.*

В настоящее время уже прочно утвердился взгляд на процесс движения автомобилей как на функционирование сложной системы «водитель — автомобиль — дорога — окружающая среда» (ВАДС), который предполагает системный подход к исследованию безопасности дорожного движения, являющейся важнейшей характеристикой качества функционирования системы ВАДС.

На сегодняшний день не существует строгого математического определения понятия сложной системы. Обычно под сложной системой понимают собирательное название систем, состоящих из большого числа взаимосвязанных элементов; при этом приводятся типичные примеры таких систем с перечислением их типичных (но не формальных) признаков. Рассмотрим основные признаки системы ВАДС.

## 1. Многообразие влияющих факторов

Многочисленные наблюдения за системой ВАДС, проведённые как у нас в стране, так и в других странах, свидетельствуют о наличии широкого многообразия факторов, формирующих взаимодействие между элементами системы ВАДС. Десятки таких факторов уже выявлены по каждому элементу системы, причём влияние некоторых из них как в отдельности, так и в совокупности с другими, часто носит неоднозначный характер.

## 2. Стохастичность поведения

Случайности в поведении сложных систем обуславливаются двумя причинами. Во-первых, недостаточностью наших знаний о некоторых процессах, влияющих на поведение системы и проявляющихся в неожиданных изменениях её поведения. Такую неожиданность часто рассматривают как случайный фактор по соображениям удобства её описания. Система ВАДС содержит достаточно большое число такого рода неожиданностей, что также свидетельствует о её сложности. Во-вторых, случайность может носить объективный характер (по аналогии с принципом неопределённости в физике), особенно в процессах, определяющих поведение водителей в тех или иных ситуациях. Первые два признака, присущие системе ВАДС, если и не исключают полностью возможностей её продуктивного исследования только эмпирическими методами, то значительно их ограничивают. Причинами этого являются:

- отсутствие в достаточных количествах оборудования, способного фиксировать влияние одновременно многих существенных факторов;
- сложность и дороговизна в организации, проведении и обработке данных натурных наблюдений;
- получение выборок необходимой длины не зависит от наблюдателя из-за его пассивной роли, поэтому на их получение может потребоваться слишком много времени;
- проведение управляемых натурных экспериментов часто невозможно из-за опасностей, грозящих участникам таких экспериментов.

Все вышесказанное заставляет, по крайней мере, усомниться в действительности результатов, полученных на

основе данных о характеристиках функционирования системы ВАДС, и в правомочности их использования для оценки этих характеристик

## 3. Нестационарность системы ВАДС

Этот признак означает, что многие параметры, характеризующие функционирование отдельных элементов и системы в целом, зависят от времени. Это очевидное свойство системы ВАДС касается всех её элементов. Изменяются интенсивность и состав движения, погодные условия, характеристики дорожного покрытия, эмоциональное и функциональное состояние водителей, формы и методы подготовки и переподготовки водителей, схемы организации движения, правила дорожного движения и юридическое законодательство и т.д. Непосредственным следствием нестационарности является следующий существенный признак системы ВАДС.

## 4. Невоспроизводимость натурных экспериментов

Повышенная опасность проведения натурных экспериментов во многих случаях их просто исключает. В тех же случаях, когда это возможно (в частности, при наблюдении за системой), данный признак почти всегда исключает повторение реакции какого-нибудь элемента системы на одну и ту же ситуацию в различные моменты времени. Состояние системы ВАДС вследствие движения её элементов постоянно меняется, т.е. она все время как бы перестает быть сама собой.

Последние два признака системы ВАДС означают, что её продуктивное исследование только эмпирическими методами практически невозможно.

## 5. Многокритериальность.

Этот признак обуславливается разнообразием целей отдельных элементов системы ВАДС, а также разнообразием требований, предъявляемых к ней другими системами. Прежде всего, система ВАДС является активной системой, включающей в себя людей, имеющих свои собственные интересы и активно проводящих их в жизнь. Этим, в частности, объясняются многочисленные нарушения правил дорожного движения, проис-

ходящие на участках дорог с неудачной схемой организации движения. Данный признак особым образом проявляется также при проектировании и реконструкции дорог или схем организации движения. Требования, предъявляемые к новой дороге, часто носят противоречивый характер. Так, стремление повысить безопасность движения приводит к возрастанию капитальных затрат на строительство и эксплуатацию дороги, само строительство дороги противоречит требованиям охраны окружающей среды и т.д. Игнорирование данного признака при оценке проектных вариантов дорог или схем организации движения может привести (и часто приводит) к неудачным решениям и, в конечном счёте, к крупным материальным убыткам.

Итак, ограничиваться эмпирическими методами для продуктивного исследования системы ВАДС на современном этапе невозможно. Для этого необходимо привлекать иные методы — методы математического моделирования системы ВАДС.

Система ВАДС, являясь сложной, предполагает различные способы её формального математического описания. Так, с одной стороны, со сложной системой можно эффективно взаимодействовать несколькими методами различного рода, каждый из которых требует различного вида описания системы, а с другой стороны, для сложной системы трудно создать её адекватную модель. Этим, собственно, и объясняется имеющееся широкое многообразие математических моделей, описывающих те или иные характеристики функционирования системы ВАДС с различной степенью достоверности, но не пригодных для удовлетворительного её описания в целом.

В настоящее время построены удовлетворительные модели дороги и автомобиля как элементов ВАДС, имеются также удачные модели отдельных взаимодействий между автомобилем, дорогой и окружающей средой. Что же касается модели водителя, то здесь все основные работы по её созданию ещё впереди. Ранее автором было показано [1, 2, 3], что, даже имея удовлетворительные модели отдельных элементов системы ВАДС и их взаимодействий, невозможно пока построить аналитическую модель самой системы



ВАДС, удовлетворительно её описывающую. Это вынуждает прибегнуть к специфическим методам математического моделирования — методам имитационного моделирования, не подверженным никаким ограничениям, связанным с исследованием сложных систем.

Разработанные методы теории имитационного моделирования транспортных потоков [4, 5, 6] применимы также и к формальному описанию водителя. Эти методы позволяют строить семейство усложняющихся моделей водителя и его взаимодействий с другими элементами системы ВАДС; при этом такие модели имеют единообразное описание и в то же время не ограничивают возможности использования всех теоретических знаний о реальных процессах функционирования системы ВАДС, имеющихся на сегодняшний день. Аксиоматический подход, присущий данной теории, естественно сочетает в ней научный метод и системный подход, что придаёт ей основные черты фундаментальных наук.

Вкратце суть предлагаемого подхода можно представить следующим образом.

На основе априорной и эмпирической информации строится микроописание системы ВАДС (имитационная модель системы), т.е. набор моделей поведения отдельных элементов системы, механизмов их взаимодействия между собой и их реакций на поступающие извне сигналы. Затем с заданным микроописанием (имитационной моделью) проводятся серии компьютерных экспериментов, на основании которых и строятся макротехники исследуемой системы. Таким образом, макротехники системы являются, по существу, следствием её исходного микроописания.

Моделируемая реальная система ВАДС представляет собой открытую динамическую систему, состоящую из конечного числа элементов (автомобилей), движущихся в некоторой заданной образом организованной области (элементы улично-дорожной сети, схема организации движения и т.д.). Извне в систему могут поступать входные сигналы (в частности, новые автомобили, управляющие сигналы). Время поступления и вид поступающих в систему входных сигналов подчиняются определённым

(обычно, вероятностным) законам (законы влияния внешнего мира).

Каждый элемент характеризуется конечным набором атрибутов, которые изменяются во времени. Так, автомобиль в каждый момент времени описывается следующими параметрами: положением на дороге (координаты определённых точек), курсовой угол, линейная скорость, ускорение (замедление), скорость и направление поворота рулевого колеса, номер передачи коробки перемены передач и др. Другими словами, каждый элемент представим в виде вектора конечной длины, каждая компонента которого может изменяться в заданных пределах. Совокупность возможных значений вектора, характеризующего данный элемент, определяет пространство состояний данного элемента. Пространство состояний системы в целом в данный момент времени есть прямое произведение пространств состояний находящихся в системе элементов.

В качестве основной рабочей гипотезы при разработке микроописания ВАДС принята следующая: в процессе функционирования системы функция изменения любого параметра любого элемента изменяется скачкообразно в дискретные моменты времени и остаётся непрерывной в промежутках между скачками. Суть данной гипотезы заключается в том, что скачкообразное изменение параметров системы не является спонтанным, а обусловлено определённой причиной. Поэтому системное микроописание ВАДС должно давать ответы на два типа вопросов:

1. Что именно является причиной скачка функции параметра?

2. Что представляет собой скачок и как ведут себя функции параметров после скачка, если известна предыстория процесса?

Ответ на первый вопрос дескриптивно представляет собой перечень особых ситуаций, возникающих в процессе движения, которые вынуждают водителей изменять режим движения своих автомобилей. В разработанные модели включено большинство таких ситуаций, которые встречаются в реальном процессе движения. Все особые ситуации поделены на три категории.

К первой категории относятся ситуации, определяющие условия и ха-

рактер взаимодействия элементов с окружающей средой (включая дорогу и придорожное пространство). Примеры такого рода ситуаций:

■ автомобиль достиг участка дороги, на котором меняются геометрические параметры;

■ автомобиль достиг участка дороги, на котором меняется схема организации движения, и т.д.

Ко второй категории относятся ситуации, определяющие условия и характер взаимодействия автомобилей между собой. Примеры таких ситуаций:

■ автомобиль догнал впереди идущий автомобиль по своей полосе движения;

■ автомобиль приблизился к впереди идущему автомобилю на опасное расстояние и т.д.

К третьей категории относятся ситуации, определяющие характер влияния входных сигналов. Примеры таких ситуаций:

■ на входе рассматриваемого участка дороги появился новый автомобиль;

■ на заданном участке моделируемой дороги изменились показания светофора и т.д.

Формально особые ситуации или (что то же самое) причины, вызывающие скачки функции какого-либо параметра, можно представить в виде некоторого уравнения:

$$F(z_1, z_2, \dots, z_n) = 0,$$

где  $z_1, z_2, \dots, z_n$  — компоненты вектора состояния системы.

Особым ситуациям соответствуют различные уравнения, определяющие набор гиперповерхностей в пространстве состояний системы.

Итак, пространство состояний системы поделено на области набором гиперповерхностей трёх категорий. Гиперповерхности первой категории определяют условия и характер взаимодействия элементов с окружающей средой (включая дорогу и придорожное пространство), гиперповерхности второй категории определяют условия и характер взаимодействия элементов системы между собой, гиперповерхности третьей категории определяют характер влияния входных сигналов на элементы системы.

Ответ на второй вопрос представляет собой перечень алгоритмов вычисления скачков, соответствующих наступлению каждой особой ситуации. Грубо говоря, скачок пред-

ставляет собой реакцию водителя на наступившую особую ситуацию, которая реализуется водителем через органы управления автомобилем следующими способами: нажатием на педаль тормоза или акселератора; изменением передаточного числа коробки перемены передач; вращением рулевого колеса. Рассмотрим пример (в упрощённом виде) определения скачка для одной из особых ситуаций.

Пусть водитель одиночного автомобиля, движущегося с некоторой постоянной скоростью, выезжает на участок со знаком ограничения скорости движения. Если скорость автомобиля меньше ограничения, то изменение режима движения не происходит (нулевой скачок). Иначе, если водитель недисциплинирован и не собирается выполнять требования знака, то изменения режима не происходит. В противном случае водитель придаёт автомобилю замедление (скачок параметра «ускорение автомобиля»), значение которого зависит от разности скорости автомобиля и ограничения скорости, состояния покрытия, типа автомобиля и водителя и т.д. При этом влияние указанных факторов на выбор замедления носит случайный характер с заданными законами распределения.

Такого рода алгоритмы вычисления скачков в формализованном виде определены для каждой особой ситуации. При этом для описания многих из них требуются десятки операторов алгоритмического языка высокого уровня.

Итак, формальное функционирование имитационной модели ВАДС происходит следующим образом. Пусть в начальный момент времени состояние системы задано и не лежит ни на одной из гиперповерхностей (впрочем, это не принципиально). Движение вектора системы в пространстве состояний будет происходить по заданным законам движения до тех пор, пока он не достигнет одной из заданных гиперповерхностей. Функции, определяющие изменения компонент вектора каждого элемента (законы движения), являются решениями заданных дифференциальных уравнений, определяемых теорией движения автотранспортных средств.

В момент достижения гиперповерхности в состоянии системы происходит скачок, определяемый некоторым заданным вероятностным законом (закон отражения). После этого состояние системы вновь изменяется по заданным законам движения до тех пор, пока не достигнет очередной гиперповерхности, после чего опять происходит скачок и т.д.

Задание конкретных законов движения и отражения, законов влияния внешнего мира и конкретных гиперповерхностей, зависит от конкретной моделируемой ВАДС. Отметим, что при использовании данного подхода к моделированию определены реакции любого элемента системы на изменение состояния системы для всех её возможных состояний. Применённый к математическому описанию ВАДС подход в последнее время стал называться динамической системой с джокером.

Варьируемыми факторами в разработанных имитационных моделях являются следующие:

- дорожные факторы (геометрические параметры продольного и поперечного профилей дороги, тип пересечения дорог, геометрические характеристики пересечения, характеристики дорожного покрытия, расстояние видимости и др.);

- схема организации дорожного движения (наличие различных дорожных знаков, дорожной разметки, светофоров и др.);

- параметры транспортного потока (интенсивность движения, состав транспортного потока);

- характеристики отдельных автомобилей в составе транспортного потока (тип и марка автомобиля, параметры двигателя и трансмиссии, габаритные и весовые параметры, возраст автомобиля, коэффициенты обтекаемости, сопротивления качению шин и др.);

- 5) характеристики водителей (тип водителя: осторожный, нормальный, агрессивный, время реакции водителя по отношению к соблюдению тех или иных правил дорожного движения, желаемая скорость и др.).

Данный подход был успешно апробирован при моделировании функционирования разнообразных вариантов системы ВАДС [7, 8]. ■

#### Литература:

1. Ерёмин В.М. Теория имитационного моделирования транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения // Повышение транспортных качеств автомобильных дорог и безопасности движения: Сб. науч. трудов. М.: МАДИ, 1986. С. 3–14.
2. Ерёмин В.М. Принципы построения имитационных моделей движения транспортных потоков // Применение ЭВМ в проектировании автомобильных дорог: Труды Союздорнии. М., 1988. С. 36–41.
3. Ерёмин В.М. Методологические аспекты исследования системы «водитель — автомобиль — дорога — окружающая среда» // Актуальные вопросы повышения безопасности движения: Сб. науч. трудов. М.: МАДИ, 1988. С. 4–8.
4. Ерёмин В.М. Имитационное моделирование сложных систем // НТИ. Серия 2. 1999. № 6, С. 13–17.
5. Бадалян А.М., Ерёмин В.М. Компьютерное моделирование конфликтных ситуаций для оценки уровня безопасности движения на двухполосных автомобильных дорогах. М.: ИКФ «Каталог», 2007. 240 с.
6. Бадалян А.М., Ерёмин В.М. Общие положения о компьютерной имитации транспортных потоков // Безопасность дорожного движения. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Том VII / Под ред. д.т.н., проф. В.В.Сильянова. М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2009. С. 142–144.
7. Ерёмин В.М., Бадалян А.М. Компьютерное моделирование работы автотранспортных городских сетей для оценки и выбора вариантов их развития и управления // Международный семинар «Перегруженность транспортных сетей мегаполисов: проблемы и пути решения», Москва, 9–10 июля 2007 года / Материалы семинара. М.: НИИАТ, 2007, С. 91–106.
8. Ерёмин В.М., Бадалян А.М. ОДМ 218.6.011–2013 «Методика оценки влияния дорожных условий на аварийность на автомобильных дорогах федерального значения для планирования мероприятий по повышению безопасности дорожного движения», 2013. М.: РОСАВТОДОР. 58 с.







# С чего начинается Родина? С трассы в САПР АД

Персона: Федотов Г.А., зав. кафедрой «Геодезия и геоинформатика» МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)

Интервьюировал: Бойков В.Н., профессор МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва), председатель совета директоров группы компаний «Индор» (г. Томск)

Фото: Бойков В.Н., Неретин А.А.

*С чего начинается Родина?*

*С трассы в САПР АД.*

*С хороших и верных дорожников,  
Дорог всегда и везде.*

*А может она начинается*

*С науки в проектах дорог?*

*С учебника главного нашего,*

*Что знает дорожник любой.*

*С момента создания первой отечественной системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР АД) не прошло и полувека, но этот факт уже реально становится историей. Очень важно, что мы ещё из первых уст создателей-творцов что-то можем узнать о том времени, а также узнать об их видении развития САПР АД на современном этапе. В этот номер нашего журнала в качестве Персоны мы пригласили и беседуем с основоположником отечественных САПР АД в научном и методическом плане — Федотовым Григорием Афанасьевичем — заведующим кафедрой «Геодезия и геоинформатика» Московского автомобильно-дорожного государственного университета (МАДИ). Примечательно, что его учебник по САПР АД, выпущенный в далёком 1986 году, до сегодняшнего дня является базовым при подготовке инженеров-дорожников не только в России, но и в ряде других стран мира.*

ФЕДОТОВ Григорий Афанасьевич, доктор технических наук, профессор, академик РАТ, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, родился в Москве в 1940 г. Окончил среднюю школу в 1958 г. и в том же году поступил на Дорожно-строительный факультет МАДИ, который с блеском закончил в 1963 г.

С 1963 по 1971 г. работал на изысканиях и проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов инженером, старшим инженером, начальником изыскательской партии и главным инженером экспедиции ГПИ Союздорпроекта Минтрансстроя СССР. В 1970 г. защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата технических наук в МАДИ. В 1971 г. в связи с началом проектирования моста через реку Амударью в Хайратоне на границе с Афганистаном, переведён на должность главного специалиста ГПИ Гипротрансмоста Минтрансстроя СССР, где разработал математическую модель мостовых переходов и комплексную программу «Гидрам-3», до настоящего времени широко используемую в практике проектирования мостовых переходов.

За время работы на производстве в Союздорпроекте и Гипротрансмосте принимал участие в изысканиях и проектировании десятков автомобильных дорог и мостовых переходов на территории СССР и за рубежом. В 1978 г. переведён на должность доцента, а затем профессора кафедры «Изыскания и проектирование дорог» МАДИ. В 1979 г. защитил диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук.

В 1985 г. переведён на должность заведующего кафедрой «Геодезия и геоинформатика» МАДИ, где и работает по настоящее время. Подготовил более двух десятков кандидатов и двух докторов технических наук.

Имеет более 100 публикаций, в том числе фундаментальные справочники, монографии, учебные пособия и учебники [1-10], на которых выучилось не одно поколение дорожников.

В 1966 г. на изысканиях автомобильной дороги Пермь-Оса впервые в СССР при трассировании применил принцип «гибкой линейки» и сформулировал современные принципы клотоидного трассирования. В своей педагогической деятельности с тех пор последовательно исповедовал принцип «гибкой линейки» взамен во многом порочного принципа «тангенциального трассирования».

С 1966 г. принимал участие в разработке систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений на них (САПР АД), рассматривая САПР как принципиально новую технологию изысканий и проектирования, которая базируется на использовании совершенно новых методов проектирования, основанных на принципах математического моделирования и математической оптимизации проектных решений.

Закономерный переход на САПР АД повлёк за собой и коренную ломку технологии и методов изысканий автомобильных дорог, которые ныне выполняют не вдоль априори выбранной трассы,

а на широкой полосе её варьирования с соответствующим многократным увеличением объёмов информации о местности, которая, однако, должна собираться в те же фиксированные сроки и с не меньшей точностью, что потребовало широкого использования высокопроизводительных и точных технических средств и методов сбора исходной информации (аэрокосмические методы дистанционного зондирования, электронная тахеометрия, наземное и воздушное лазерное сканирование, подповерхностная радиолокация и т.д.).

Анализируя зарубежный опыт, Г.А. Федотов неоднократно отмечал, что одной из актуальнейших задач создания и совершенствования современных САПР АД является разработка аналитических методов обоснования полосы варьирования трассы. У нас в стране попытки создания аналитического метода обоснования полосы варьирования трассы уже делались (Г.Д. Румянцев), однако, к сожалению, дальнейшего развития эти работы не получили. Весьма перспективной в связи с этим до сих пор является идея создания «экономической ложины» местности, предложенной в свое время А.П. Поповым (г. Волгоград).

Исторически так сложилось, что достижение трёх основных статей экономического эффекта, получаемых в связи с переходом на САПР АД (повышение производительности труда проектировщика с повышением качества подготовки проектно-сметной документации, снижение сметной стоимости и материалоёмкости строительства, повышение качества проектируемых объектов — транспортно-эксплуатационных показателей

автомобильных дорог) у нас в стране, в отличие от зарубежного опыта, велось по пути создания новых методов проектирования, основанных на использовании принципов математической оптимизации проектных решений и принципов математического моделирования.

Уже на начальном этапе перехода на САПР АД при непосредственном участии и под руководством Г.А. Федотова было создано большое количество оптимизационных методов и программ, в том числе предназначенных для проектирования оптимальных трасс автомобильных дорог с использованием идеи «экономической ложины» (А.П. Попов), для проектирования оптимального продольного профиля автомобильных дорог методом «граничных итераций» (Е.Л. Фильштейн), для проектирования оптимальных дорожных одежд (Б.М. Наумов, М.Л. Гольденберг), для разработки оптимальных мостовых конструкций (проф. П.М. Саламахин), для проектирования оптимальной системы дорожного поверхностного водоотвода (П.С. Пракаш). Эти и им подобные методы дают существенный экономический эффект в связи со снижением сметной стоимости и материалоёмкости строительства. Несмотря на прошедшие десятилетия, актуальность заложенных подходов не утрачена до сих пор.

В практике отечественного автоматизированного проектирования дорог находят применение большое количество математических моделей, описывающих те или иные явления и процессы: модели стока с водосборов тальных вод (проф. К.Н. Макаров), стока ливневых вод (проф. И.В. Чистяков),

работы малых водопропускных сооружений по пропуску паводков (М.А. Лева), транспортных потоков (проф. В.В. Сильянов), загрязнения придорожной полосы транспортным шумом (проф. П.И. Поспелов), мостовых переходов (проф. Г.А. Федотов), развязок движения (В.А. Федотов) и т.д.

В рамках системного автоматизированного проектирования методы проектирования, основанные на использовании принципов математического моделирования, позволяют резко повысить надёжность объектов строительства и, кроме того, их использование совершенно необходимо при оценке полученных проектных решений для выявления слабых (или ошибочных) сторон проекта, а также для их устранения при проектировании ещё до начала строительства объекта и введения его в эксплуатацию.

Важнейшим этапом системного автоматизированного проектирования является оценка полученных проектных решений по широкому кругу показателей с их последующей корректировкой. Одним из важнейших показателей оценки качества автомобильной дороги является зрительная ясность и плавность трасс, оценку которых с 1941 г. по предложению доктора В. Ранке традиционно производят построением перспективных изображений (центральных проекций) контролируемых участков проектируемых автомобильных дорог либо построением киноперспектив.

Как показали исследования академика АН СССР Б.В. Раушенбаха, математически строгая и понятная центральная проекция, которую фиксируют объективы фотоаппаратов

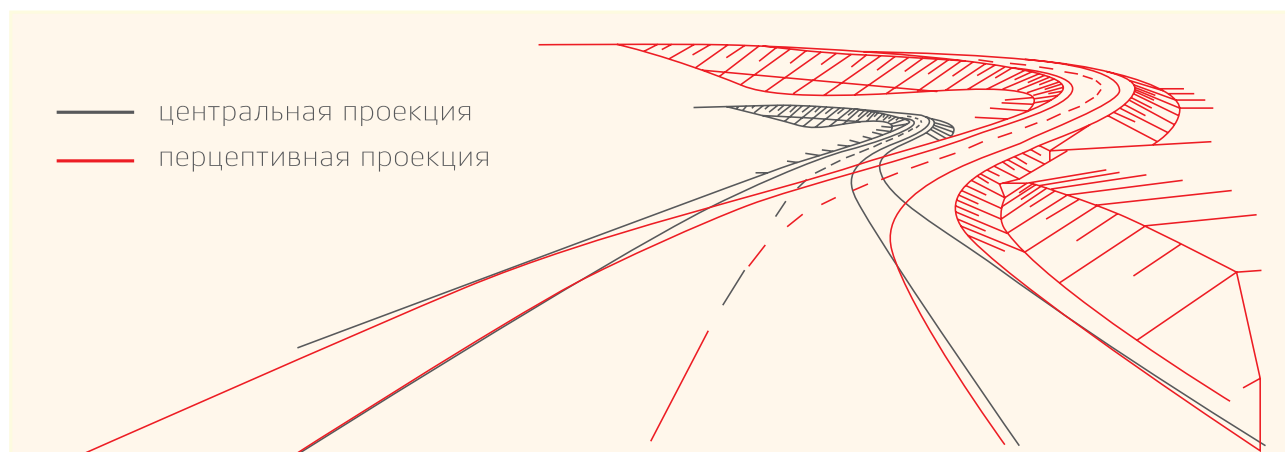


Рис. 1. Наглядное сравнение центральной и перцептивной проекций



и кинокамер, а также сетчатка глаза человека, воспринимается мозгом человека в преобразованном виде. Поэтому формальное использование центральной проекции (а это делается в большинстве САПР) недопустимо, ибо во многом дезориентирует проектировщика. Исследования, выполненные С.Д. Шерстиковым под руководством проф. А.И. Метелкина, показали, что мозг водителя воспринимает не центральную проекцию автомобильной дороги, которую фиксирует сетчатка глаза, а перцептивную проекцию (персепт — воспринимать) (рис. 1).

Поэтому Г.А. Федотов всегда подчёркивал, что о качестве той или иной САПР АД легко судить по тому, используют ли авторы этих систем при оценке зрительной ясности и плавности полотна запроектированной автомобильной дороги формально центральную проекцию или ту, которую фактически воспринимает мозг человека, — перцептивную проекцию.

Сегодня, наблюдая за эволюцией САПР АД в СССР, России и в мире, Г.А. Федотов вспоминает:

— В 1995 г. я в составе российской делегации был на международной конференции в Непале. Именно тогда мне впервые удалось не понаслышке, а вживую познакомиться с ведущей на тот момент западной системой проектирования автомобильных дорог MOSS (Modeling Of Surfaces with

Strings), которая в настоящее время принадлежит компании Bentley и называется MXROAD. Мной тогда овладели смешанные чувства. С одной стороны, меня неприятно поразила примитивность математических моделей и алгоритмов, лежащих в основе той системы MOSS. С первого же взгляда было понятно, что эта система в основном повторяла давно известную технологию ручного проектирования, но с применением компьютера. И эффект от реального применения был сомнителен. С другой стороны, MOSS, несмотря на отсутствие графического интерфейса, обладала весьма удобным и привлекательным для того времени пользовательским интерфейсом. И для меня было настоящим удовольствием просто работать в этой программе. Существовавшие уже в то время отечественные САПР АД (Кредо и Индор) сегодня имеют намного более мощный, чем зарубежные системы, математический аппарат, что определяет их безусловное конкурентное преимущество не только в России, но и на зарубежном рынке. Этот аппарат был во многом заложен именно в отечественной школе дорожников, к которой я себя с честью отношу. Именно поэтому я уверенно смотрю в будущее отечественной дорожной науки и верю в огромный коммерческий успех российских САПР автомобильных дорог. ■

#### Литература

1. Федотов Г.А. Расчёты мостовых переходов с применением ЭЦВМ. М.: Транспорт, 1977. 208 с.
2. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1986. 317 с.
3. Федотов Г.А. Системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог и сооружений на них. М.: ВИНТИ, 1988.
4. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника / Под ред. д.т.н. Г.А. Федотова. М.: Транспорт, 1989. 437 с.
5. Федотов Г.А. Инженерная геодезия (учебник). М. Высшая школа, 2002–2009 (5 изданий). 463 с.
6. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование мостовых переходов (учебное пособие). М.: Академия, 2005–2010 (2 издания). 304 с.
7. Справочная энциклопедия дорожника. Том V. Проектирование автомобильных дорог / Под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д.т.н. Г.А. Федотова и д.т.н. П.И. Поспелова. М.: ФГУП «Информавтордор», 2007. 815 с.
8. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. Книга 1 (учебник). М.: Высшая школа, 2009. 648 с.
9. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. Книга 2 (учебник). М.: Высшая школа, 2010. 520 с.
10. Федотов Г.А., Неретин А.А. Основы аэрогеодезии и инженерно-геодезические работы (учебник). М.: Академия, 2012. 272 с.



# «ИндорАкадемия»

программа академического партнёрства  
на образовательном уровне

Образовательный процесс в учебном заведении должен быть построен так, чтобы из стен вузов выпускались востребованные специалисты. Наибольшим спросом будут пользоваться те выпускники, которые уже во время учёбы овладели современными инструментами работы. Чтобы обеспечить высокий уровень подготовки студентов в области проектирования, строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и городских улиц, учебным заведениям необходимо иметь современное программное и методическое обеспечение. Его можно получить, вступив в академическое партнёрство с компанией «ИндорСофт». О возможностях такого партнёрства и о том, как эти возможности получить, узнайте из нашей программы «ИндорАкадемия».



Являясь одним из лидеров отечественного рынка САПР и ГИС автомобильных дорог, компания «ИндорСофт» предлагает образовательное сотрудничество преподавателям и студентам профильных специальностей. Что же даёт участнику программа академического партнёрства?

## Современное программное обеспечение

Сотни передовых организаций дорожного хозяйства используют в своей работе программные продукты компании «ИндорСофт». Поэтому будущему инженеру, технику или управленцу важно ещё во время учёбы овладеть современными инструментами работы.

Для аудиторных занятий, а также для индивидуального обучения работе с ПО компании «ИндорСофт» участники академического партнёрства получают доступ к нашим программным продуктам:

- IndorCAD/Road: система проектирования автомобильных дорог;
- IndorPavement: система расчёта конструкций дорожных одежд;
- IndorRoad: геоинформационная система автомобильных дорог;
- IndorRoadSigns: система проектирования дорожных знаков;
- IndorGIS: универсальная геоинформационная система.

## Техническая и методическая поддержка

Уже сейчас на нашем сайте доступны дистанционные курсы обучения, а также документация с подробным описанием функциональных возможностей систем. Кроме того, можно задать вопросы специалистам техподдержки компании «ИндорСофт» и получить исчерпывающий ответ.

Мы постоянно пополняем нашу библиотеку учебных методических пособий, лабораторных работ и курсов, разработанных на основе использования наших систем. Наиболее успешные материалы получают широкое распространение в преподавательской среде.

## Обучение преподавательского состава

Для преподавателей вузов, участвующих в программе «ИндорМагистр», проводятся индивидуальные консультации, стажировки и обучение с возможностью получения удостоверений государственного образца о прохождении курсов повышения квалификации.

## Мотивационные мероприятия

Компания «ИндорСофт» ежегодно проводит конкурсы проектов, награждая авторов лучших работ ценными призами. Студенты более охотно погружаются в работу над проектом, который будет оцениваться не только в стенах родного вуза, но и профессиональным сообществом. Победа в конкурсе даёт большие преимущества при поиске работы.

## Журнал «САПР и ГИС автомобильных дорог»

Хотите быть в курсе инновационных технологий проектирования и управления в области дорожного хозяйства? Читайте «САПР и ГИС автомобильных дорог». Автоматически стать подписчиком издания позволяет участие в программе «ИндорАкадемия». Более того, преподаватели академического партнёрства получают возможность опубликовать свои собственные статьи на страницах профессионального издания.

Хотите получить эту пятёрку преимуществ? Звоните: (3822) 651-386

# История дорожных знаков

Кузнецова А.П., начальник отдела продаж ООО «ИндорСофт»

Современные дорожные знаки — это, в первую очередь, знаки, регулирующие движение на автомобильных дорогах. А потому их история насчитывает немногим более ста лет. Стремительность развития этих знаков сродни растущей скорости автомобиля. За такой короткий промежуток времени появилось свыше тысячи видов знаков, не раз менялись внешний вид, материалы и способы их представления. Неизменным же оставалось их назначение: обезопасить участников дорожного движения, стереть культурные границы и преодолеть языковой барьер. Как шёл процесс мировой унификации дорожных знаков, позволяют проследить принимаемые в разных странах протоколы и стандарты дорожных знаков.

## Первая международная унификация

В 1909 году в Париже прошла 1-я международная конференция по дорожному движению, в результате работы которой была принята первая Международная конвенция автоперемещения [1].

16 европейских государств (среди них — Франция, Австрия, Великобритания, Россия и др.) подписали соглашение, которое, кроме всего прочего, унифицировало первые международные дорожные знаки. Ими стали: «Неровная дорога», «Перекрёсток», «Опасный поворот», «Железнодорожный переезд со шлагбаумом» (рис. 1). Они могли изображаться на синем или чёрном фоне.

На взгляд современного автолюбителя — довольно неожиданный набор. Многие объясняют тот факт, что в начале века автомобилей в мире насчитывалось не больше 6000 [2]. Главенствовал транспорт гужевой, рельсовый и велосипеды. И первые унифицированные знаки — это знаки доавтомобильной эпохи. Автомобиль начал влиять на формирование правил дорожного движения и появление знаков значительно позже остальных участников дорожного движения. Но его влияние стало решающим.

На рубеже веков установкой дорожных знаков были озадачены активисты туристических лиг, велоклубов, а позже — автомобильных обществ. Именно члены этих объединений испытывали необходимость в знаках, указывающих направление пути и предупреждающих об опасности.

Из-за того, что установка знаков была результатом частных инициатив, в скором времени вопрос стандартизации встал особо остро. Так, в некоторых городах Америки в начале прошлого столетия могли одновременно сосуществовать более десятка систем дорожных знаков, установленных различными автомобильными обществами [3].

Изначально вопросы по унификации дорожных знаков решались не внутри государств, а на международном уровне.

Примечательно, что комиссию по выработке первой общеевропейской номенклатуры дорожных знаков возглавлял наш соотечественник — Товарищ председателя Императорского Российского Автомобильного общества (ИРАО) флигель-адъютант В.В. Свечин. Вернувшись с конференции, Свечин выступил с докладом перед Николаем II. Царь поддержал новые правила и вскоре вдоль главных дорог царской России начали появляться европейские дорожные знаки. Правда, мало кто ими пользовался — количество автомобилей в России в 1911 году не превышало и двух тысяч.

В 1926 году делегация Союза ССР приняла участие в парижской международной конференции, где была

1909 год



Рис. 1. Первые дорожные знаки, стандартизированные в Российской Империи на основе международной конвенции 1909 г.: а) «Неровная дорога», б) «Перекрёсток», в) «Опасный поворот», г) «Железнодорожный переезд со шлагбаумом»

1927 год

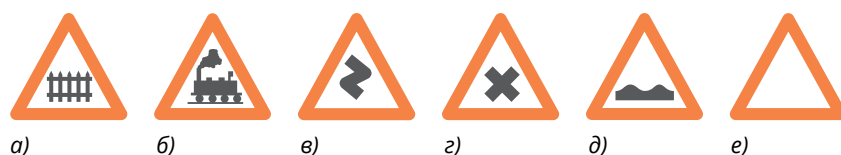


Рис. 2. Первые предупреждающие дорожные знаки, стандартизированные в СССР (1927 г.): а) «Железнодорожный переезд со шлагбаумом», б) «Неохраняемый железнодорожный переезд», в) «Опасный поворот», г) «Перекрёсток», д) «Неровная дорога», е) «Опасность»

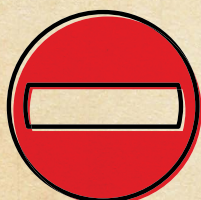
## Первый стандарт в СССР

В 1926 году делегация Союза ССР приняла участие в парижской международной конференции, где была

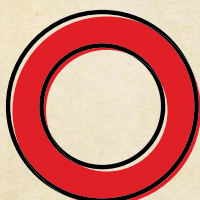


# ВОДИТЕЛЬ МЕХАНИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

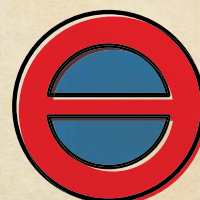
СЛЕДУЮЩИЕ НОВОВВЕДЕННЫЕ УЛИЧНЫЕ ЗНАКИ ТЫ ОБЯЗАН ИЗУЧИТЬ И ТВЕРДО ИХ ПРИДЕРЖИВАТЬСЯ.



1. Проезд воспрещен.



2. Грузовое движение воспрещено.



3. Остановка воспрещена.



4. Воспрещается проезд автомобилей.



5. Ограничение скорости движения.



6. Тихий ход.



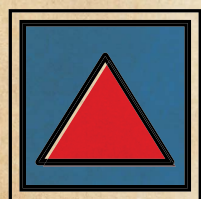
7. Ограничение веса.



8. Ограничение высоты проезда.



9. Ограничение ширины проезда.



10. Знаки у школ, клубов и пр.



11. Разрешенное направление.



12. Место стоянки автомобилей.

**НЕСОБЛЮЖДЕНИЕ ПРАВИЛ, ДИКТУЕМЫХ ЭТИМИ ЗНАКАМИ, ПОВЛЕЧЕТ ЗА СОБОЙ ШТРАФ.**

Управление Р-К милиции г. Москвы. Отдел регулирования уличного движения.

Мособлит № 5293. Тир. 32.000. Изд-во Мособлисполкома. 12-я лит. Мособлполиграфия

Рис. 3. Первые воспрещающие и указательные знаки, стандартизованные в СССР (1927 г.)



принята новая конвенция «О дорожных знаках и сигналах». К четырём ранее стандартизированным знакам были добавлены ещё два знака: «Неохраняемый железнодорожный переезд» и «Опасность». Круглую форму заменили треугольником и унифицировали размеры: сторона равнобедренного треугольника равнялась 1000 мм (рис. 2).

Кроме СССР, конвенцию подписали Германия, Австрия, Бельгия, Бразилия, Великобритания, Северная Ирландия, Болгария, Куба, Дания,

Данциг (вольный город), Египет, Испания, Эстония, Финляндия, Франция, Гватемала, Греция, Венгрия, свободное Ирландское государство, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Марокко, Мексика, Монако, Норвегия, Нидерланды, Перу, Персия, Польша, Португалия, Румыния, Королевство Сербов, Хорватов и Словенов, Сиам, Швейцария, Чехословакия, Тунис, Турция и Уругвай.

В Советской России стандарт дорожных знаков, отвечающий требо-

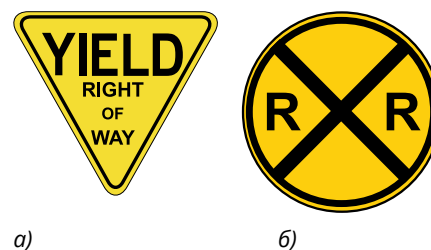


Рис. 4. Знаки в США в середине XX-го века: а) знак «Уступи дорогу», б) знак «Перекрёсток»

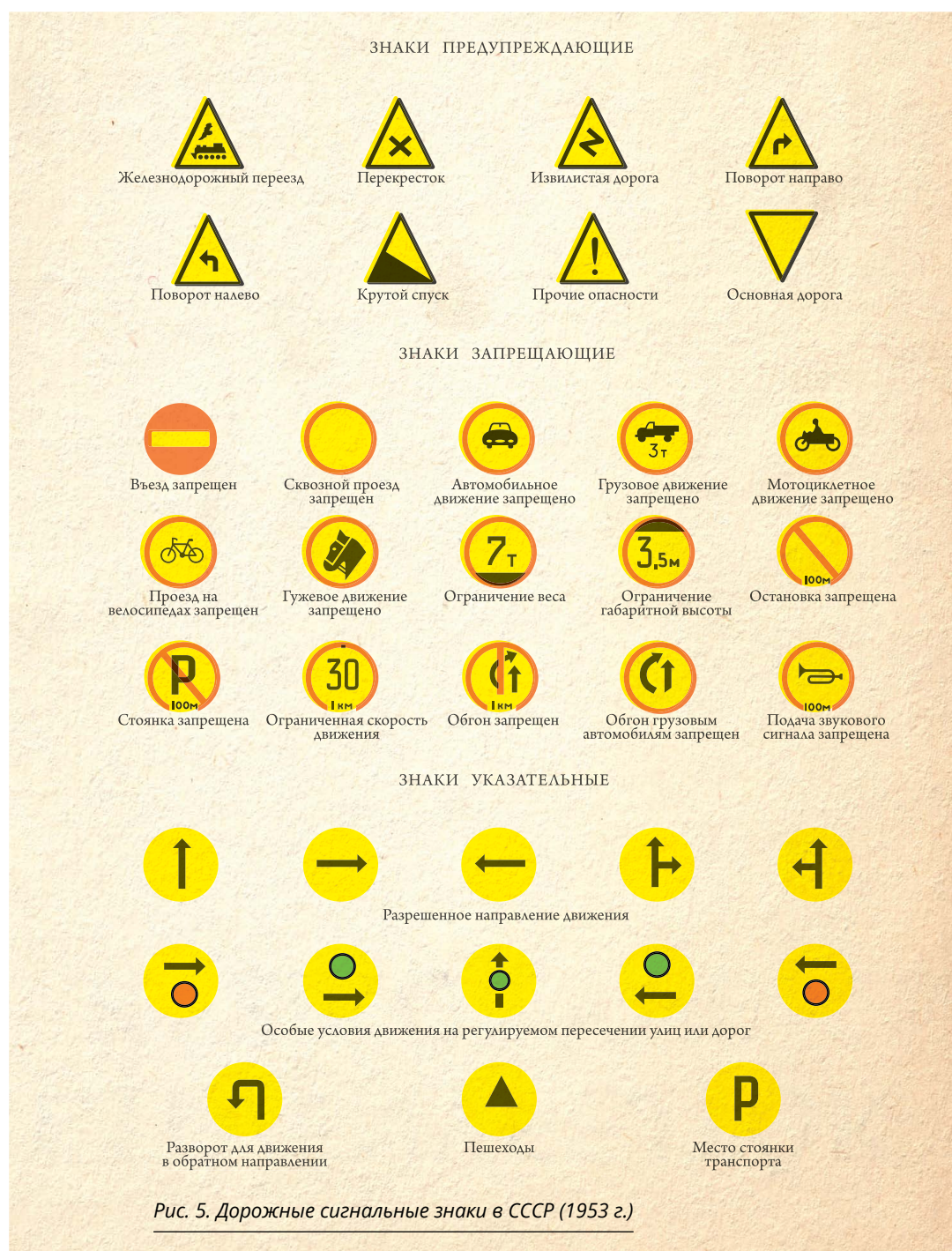


Рис. 5. Дорожные сигнальные знаки в СССР (1953 г.)





Рис. 6. Дорожные знаки СССР в 1960-е годы

ваниям этой международной конвенции, был принят в декабре 1927 году [4]. Кроме предупреждающих знаков в стандарт вошли воспрещающие и указательные знаки (рис. 3).

Уже в 1931 году была подписана новая международная конвенция, по которой количество знаков увеличилось до 26. К группе предупреждающих об опасности знаков добавились группы из 13-ти воспрещающих и 4-х указательных знаков. С 1933 года все они были применены и в СССР согласно общесоюзному стандарту 5802, сменившему ОСТ 4863 «Знаки сигнальные дорожные для регулирования и безопасности автогужевого движения» [5].

В 1937 году вышло постановление Совнаркома СССР, по которому количество вводимых дорожных знаков было значительно сокращено по сравнению со знаками, применявшимися ранее, так как было доказано, что большое количество знаков рассеивает внимание водителей [6]. В пользовании остались три предупреждающих, пять воспрещающих и два знака на-

правления движения. В числе прочих на долгое время был исключён знак «Неровная дорога».

### Неудачная попытка унификации 1949-го года

После второй мировой войны международная унификация дорожных знаков продолжилась. В 1949 году в Женеве принимают новую конвенцию о дорожном движении и протокол о дорожных знаках и сигналах.

Конвенцию о дорожном движении ратифицировали 80 стран. А вот протокол о дорожных знаках поддержали только 34 государства. Ни СССР, ни США, ни Великобритания на тот момент не поддержали разработанную тогда систему знаков.

В это время в мире существовало три системы дорожных знаков: символьная (СССР и большинство стран Европы), текстовая (США, Австралия, Новая Зеландия) и смешанная (текст дополняет символ; такие знаки использовались в Великобритании и некоторых странах Азии и Южной

Америки). Отказываться от действующих внутри страны знаков ни Америка, ни Англия не согласились. Поэтому в 50–60-е годы 20-го века было можно наблюдать самое большое разнообразие действующих в мире дорожных знаков (рис. 4).

В СССР до подписания женеvского протокола действовало только 36 знаков (рис. 5) [7].

Указательные знаки с красными и зелёными кругами использовались для регулирования поворота налево или направо до появления дополнительных секций на светофорах. Долгое время в знаке запрета обгона особой необходимости не было, так как скорость довоенных автомобилей не превышала 80 км/ч. Знак «Неровная дорога» красноречиво отсутствует. Особое внимание обращает на себя знак «Основная дорога», который является полной противоположностью привычного современному автолюбителю знака.

В 1959 году СССР подписывает женеvский протокол, и с 1 января

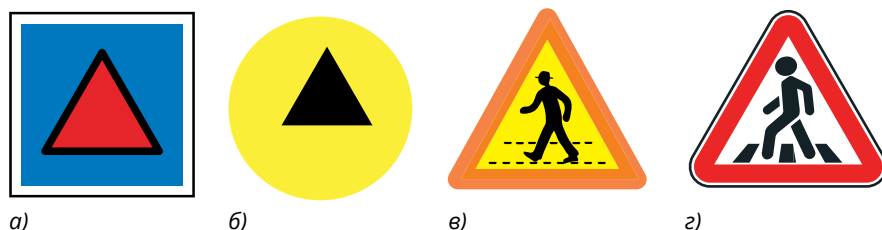


Рис. 7. Эволюция знака «Пешеходы» в СССР и России:  
а) 1927 г., б) 1953 г., в) 1961 г., г) с 1978 г. по настоящее время



Рис. 8. Знак «Проезд без остановки запрещён»

1961 года количество знаков увеличивается до 78 [8]. Они приобретают более привычный современному автолюбителю вид (рис. 6) [9]. Хотя появившийся тогда знак «Проезд без остановки запрещён» имел надпись «СТОП» на русском языке в треугольнике, вложенном в круг. Появился знак «Конец ограничений». В знаке «Обгон запрещён» стрелки заменили машинами.

В знаке «Пешеходы», наконец, появляется изображение человека. Тогда он был ещё в шляпе. Рисунок 7 иллюстрирует как менялся знак «Пешеходы» с советских времён до настоящего времени.

### Венская конвенция — торжество единообразия

8 ноября 1968 года во время конференции ЮНЕСКО в Вене была представлена новая конвенция о дорожном

движении, в которой удалось найти компромисс между европейской и американской системами знаков. Её подписали 68 стран мира. В 1971 году венская конвенция была дополнена европейским соглашением [10].

В качестве компромисса европейцы в свою символическую систему включили один американский знак — восьмиугольник «STOP». Это единственный текстовый знак в международной системе (рис. 8). Предполагалось, что белые буквы на красном фоне знака необычной формы обязательно привлекут внимание водителей.

В СССР англоязычный знак «STOP» впервые появился в 1973 году согласно вступившему в силу ГОСТу 10807-71 [11]. В нём было представлено 105 дорожных знаков, уже вполне узнаваемых современными водителями.

Венская конвенция стала решающим этапом в унификации мировой

системы дорожных знаков. И СССР, и США, и Великобритания, и Япония, и Китай стали учитывать принятый европейский стандарт. С 1968 года в каждой стране идёт внедрение принятой системы [12]. И теперь, путешествуя по дорогам мира, водитель редко испытывает затруднение в прочтении дорожных знаков.

Знаки венской конвенции — это рекомендуемые образцы, на которые ровняются все государства мира. Но никто не запрещает им использовать свои, национальные. Поэтому и сегодня в разных уголках мира путешественники могут встретить непонятные им дорожные знаки (рис. 9).

Национальный колорит часто блещет такими знаками, как «Школа» и «Осторожно, дети!» (рис. 10).

Вариантов знака «Животные» в разных уголках нашей планеты можно встретить огромное множество. Кроме



Знак «Тяжёлая техника», США

Знак «Движение без остановки запрещено», Япония

Знак «Движение без остановки запрещено», Израиль

Рис. 9. Примеры не совсем очевидных по смыслу для российских водителей дорожных знаков



Рис. 10. Примеры знаков «Осторожно, дети!» в разных странах мира: а) в Индии, б) в Чехии, в) в Южной Корее, г) в Японии





Рис. 11. Примеры знаков «Животные на дороге» в разных странах мира: а) опоссумы в США, б) белые медведи в Норвегии, в) страусы в Австралии, г) лоси в Канаде

привычных нам лосей и коров, дорогами также «пользуются» опоссумы, страусы, пингвины, белые медведи и др. (рис. 11)

Сегодня на дорогах мира по-прежнему появляются новые знаки. Так, в нашей стране в числе недавних — знак «Фотовидеофиксация» и целая группа временных знаков на жёлтом фоне. Жизнь не стоит на месте. А потому и в дальнейшем по дорожным знакам можно будет изучать историю как отдельных стран, так и международных отношений. ■

#### Литература:

1. Мигри. Международная конвенция авто-передвижения // За рулём. 1929. №6. С. 8–9.
2. Королёва И.С. Мировая экономика: глобальные тенденции за 100 лет. М., Юрист, 2003. 604 с.

3. Н. Gene Hawkins, Jr. The Evolution of MUTCD. URL: <http://mutcd.dot.gov/kno-history.htm> (дата обращения 24.03.2014).
4. Постановление ЦИК СССР от 1 декабря 1927 года.
5. ОСТ 4863. Знаки сигнальные дорожные для регулирования и безопасности автогужевого движения.
6. Стандарт дорожных знаков СССР // За рулём. 1937. № 24. С. 24.
7. Атлас автомобильных дорог СССР. 1959 г.
8. ГОСТ 2965–60. Знаки дорожные сигнальные.
9. Атлас автомобильных дорог СССР. 1968 г.
10. Документ ООН E/ECE/812-E/ECE/TRANS/566. Европейское Соглашение, дополняющее Венскую Конвенцию.
11. ГОСТ 10807–71. Знаки дорожные. М.: Издательство стандартов, 1974. 137 с.
12. ГОСТ Р 52289–2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. 98 с.

# ИСТОРИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

## Каменные насыпи

К первым дорожным знакам можно отнести простые насыпи камней вдоль древнейших дорог и караванных путей, прокладываемых задолго до нашей эры.

## Поезда в Великобритании

Знак «Железнодорожный переезд» — один из самых важных в истории, с его помощью пытались предупредить страшные аварии на переездах, нередко случавшиеся в 19 веке.

## Производство автомобилей

Маленькая скорость передвижения волов, верблюдов, лошадей делала безопасным движение по дорогам в эпоху гужевого транспорта. С появлением автомобиля скорости стали расти, а с ними — необходимость в дорожных знаках.

## Первый советский стандарт

В СССР стали использовать европейский — символичный — стандарт знаков.

## Попытка унификации

В США и Великобритании используются текстовые знаки. Предложение использовать символичные знаки, принятые в Западной Европе, долгое время не находило отклик.

## Венская конференция

Европейцы стали использовать текстовый знак «STOP», а американцы и англичане стали дополнять свои текстовые знаки символическими.

## Мильные столбы

В Греции и Риме вдоль дорог устанавливали столбы и колонны. Кроме сакральной функции, они служили указателями дорог.

## Межевые столбы

Впервые упоминаются в «Судебнике» Фёдора Иоанновича. Они указывали принадлежность земель и расстояния.

## Велосипеды на дорогах

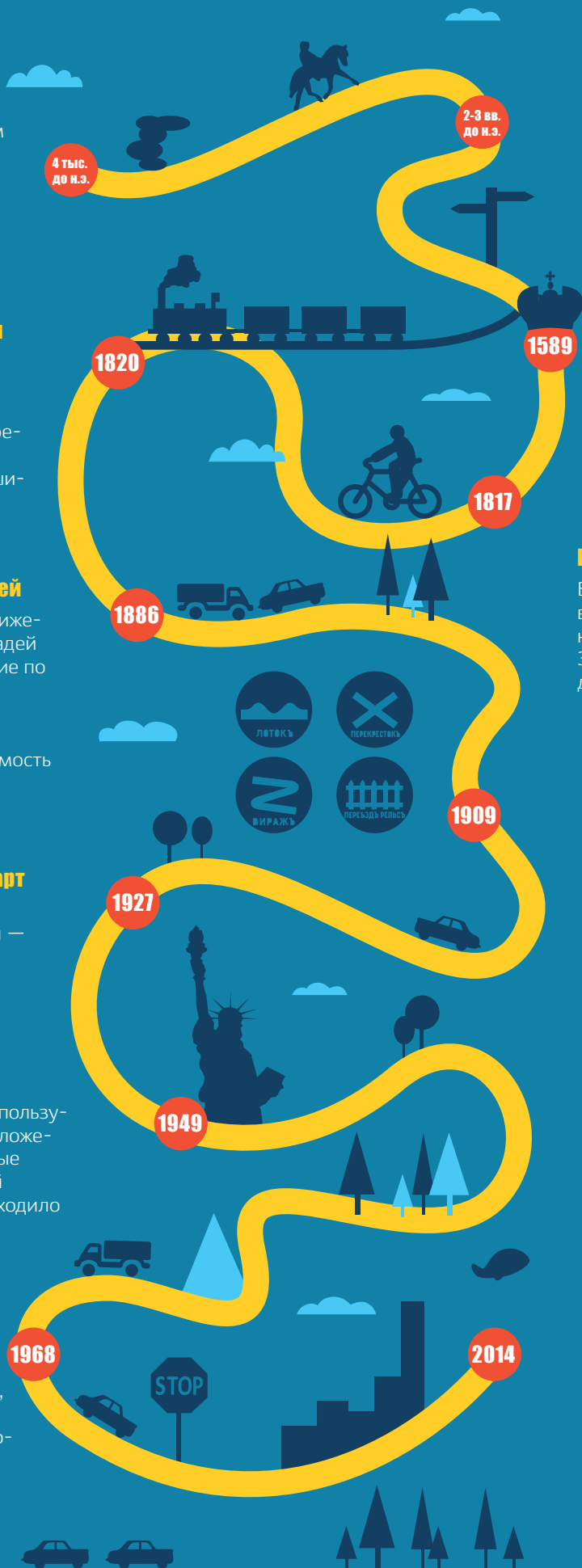
В Австрии и Швейцарии велосипедисты используют символичный знак «Впереди крутой спуск». Знак устанавливался параллельно дороге.

## Первые международные знаки

Европейские страны подписали Международную конвенцию по автопередвижению, в которой для всеобщего использования предлагались четыре знака: «Неровная дорога», «Крутой поворот», «Перекрёсток» и «Железнодорожный переезд».

## 21 век

Современный водитель, перемещаясь по дорогам мира, редко испытывает трудности в понимании встречающихся знаков. Дорожные знаки — возможно, самые интернациональные знаки, которые когда-либо изобретало человечество.







## IndorRoad

Геоинформационная система  
автомобильных дорог

- управление сетями автомобильных дорог
- ведение дежурного плана и карты дорог
- ведение паспортов автомобильных дорог
- обработка материалов диагностики
- планирование и учёт работ по содержанию, ремонту, реконструкции и строительству
- учёт и анализ интенсивности движения
- учёт и анализ дорожно-транспортных происшествий
- планирование мероприятий по БДД
- управление земельно-имущественным комплексом (кадастр и инвентаризация)
- проектирование организации дорожного движения