

САПР и ГИС

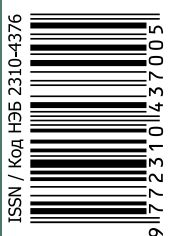
автомобильных дорог

№ 2(5), 2015



Тема номера:

Автоматизированное
проектирование





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



От главного редактора



Системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР АД) всегда аккумулировали в себе самые последние достижения дорожной науки. Не удивительно, что набирающая обороты парадигма информационного моделирования (BIM) автомобильных дорог (ИМД) уже повлияла на концепции работы и базовые алгоритмы, лежащие в основе САПР АД.

Реализация концепций ИМД в САПР АД и внедрение на практике идёт не без проблем. Именно поэтому темой этого номера журнала мы выбрали «Автоматизированное проектирование». В номере мы предоставляем трибуну представителям основных отечественных производителей САПР АД: «ИндорСофт», «Кредо-Диалог» и «Топоматик», выпускающим такие системы как IndorCAD/Road, «CREDO – Автомобильные дороги» и «Робур – Автомобильные дороги». В дискуссию с ними вступят представители ряда проектных организаций, на практике знающих цену звонким концепциям и обещаниям.

Секция BIM открывается двумя дискуссионными статьями о трудностях развития отечественных технологий ИМД. Определённые ответы на животрепещущие вопросы в этих работах даются в последующих статьях.

В секции САПР представлены несколько интересных статей с обзорами систем проектиро-

вания: систем эскизного проектирования дорог, малораспространённых зарубежных САПР АД, САПР мостов и САПР водопропускных труб.

Секция ГИС (как представитель стадии эксплуатации автомобильных дорог) в этом номере не очень велика. В ней присутствует интересная статья генерального конструктора АИС ИССО-Н об истории создания и перспективах развития этой наиболее распространённой в России системы для эксплуатации искусственных сооружений. Также секция содержит обзор геопорталов автомобильных дорог в мире.

Персона номера — Бойков Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор МАДИ, председатель правления группы компаний «Индор» (г. Томск). Владимир Николаевич является одним из наиболее уважаемых в России специалистов в области автоматизированного проектирования автомобильных дорог, поэтому его портрет в контексте темы этого номера журнала особенно интересен.

Также вашему вниманию предлагается статья-экскурс в историю возникновения дорожной разметки — от древней Америки и Рима до нашего времени.

От редакции желаю вам интересного чтения. Также мы приглашаем вас вступить в дискуссию с авторами в виде ответных статей.

АДРЕС РЕДАКЦИИ
634003, г. Томск, пер. Школьный, д. 6, стр. 3
Телефон/факс: **8 800 333-0805**, +7 (3822) 650-450
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
Журнал зарегистрирован
в системе **РИНЦ: eLIBRARY.ru**



Подписной индекс по «Каталогу российской
прессы «Почта России»: **54237**

КООРДИНАТОР ПРОЕКТА
Бойков Владимир Николаевич, д.т.н.
ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Скворцов Алексей Владимирович, д.т.н., проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Бойков Владимир Николаевич, д.т.н.
Скворцов Алексей Владимирович, д.т.н., проф.
Сарычев Дмитрий Сергеевич, к.т.н.
Елугачёв Павел Александрович, к.т.н.
Петренко Денис Александрович
Дмитриенко Виктор Евгеньевич
Субботин Сергей Аркадьевич

ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР
Дмитриенко Виктор Евгеньевич

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

ДИЗАЙН И ВЁРСТКА
Патов Евгений Валерьевич
Рукавишникова Елена Евгеньевна

ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ
Кузнецова Анна Петровна

Тираж — 1 000 экз. Формат 210×297

BIM

- 4** Трудности перехода
от автоматизированного
проектирования
к информационному
моделированию дорог
Скворцов А.В.
- 13** Как развивать отечественные
технологии информационного
моделирования дорог?
Величко Г.В.
- 20** Информационное
моделирование при разработке
проектной и рабочей
документации
Сарычев Д.С.
- 25** Структура информационной
модели автомобильной дороги
на предпроектной стадии
Миронюк В.П.
- 30** Апробирование
информационных моделей дорог
на стадии реализации проектов
Бойков В.Н., Неретин А.А., Скворцов А.В.
- 37** Общая среда данных
как ключевой элемент
информационного
моделирования
автомобильных дорог
Скворцов А.В., Бойков В.Н.
- 42** Подготовка технического
задания в концепции
информационного
моделирования дорог
Елугачёв П.А., Елугачёв М.А.
- 48** Обеспечение единого
координатного пространства:
привязка к государственной
системе высот
Гулин В.Н., Миронов С.А.

САПР

- 54** Особенности инженерно-геодезических изысканий для разработки проектов ремонта, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог
Фортуна Ю.А.
- 59** Обзор возможностей систем эскизного проектирования автомобильных дорог
Князюк Е.М.
- 68** Обзор зарубежных САПР автомобильных дорог
Кривых И.В., Мирза Н.С.
- 78** Выбор автоматизированной системы для проектирования мостовых сооружений
Райкова Л.С., Акимов М.Б.
- 86** Обзор программных продуктов для проектирования водопропускных труб
Федотов Н.Г., Кривых И.В.
- 94** Проектирование развязок в программном комплексе «Топоматик Robur»
Овчинников М.А., Вершков А.А.
- 100** BIM-решения «ИндорСофт» для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог
Петренко Д.А., Субботин С.А.
- 108** IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий
Бойков В.Н., Мирза Н.С., Петренко Д.А., Скворцов А.В.

- 114** Расчёт жёстких дорожных одежд с помощью IndorPavement

Рукавишникова Е.Е.

- 119** Использование интернет-карт в САПР и ГИС в качестве подложек

Медведев В.И.

ГИС

- 126** Автоматизированная информационно-аналитическая система по искусственным сооружениям на автомобильных дорогах

Рыбалов Ю.В.

- 136** Геопорталы дорожных организаций в контексте мирового опыта

Дмитриенко В.Е.

ПЕРСОНА

- 146** Персона: Бойков Владимир Николаевич. Талантливый человек талантлив во всём

Интервьюировал Дмитриенко В.Е.

ОБЩЕСТВО

- 152** История дорожной разметки

Кузнецова А.П.

Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1

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



Рассматривается история создания и развития систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР АД) от первых расчётов до современной работы в соответствии с концепцией информационного моделирования автомобильных дорог (ИМД). Анализируется текущий переломный момент в эволюции САПР АД, когда цели развития ИМД сформулированы, но как их достичь средствами САПР АД, ещё не ясно. Сформулированы 12 основных элементов информационного моделирования автомобильных дорог, наиболее подходящих для оценки ИМД как в части уровня развития программных систем (в т.ч. САПР АД), так и управленческого окружения. На основе анализа существующего отечественного опыта показана высокая степень готовности отечественных программных технологий, ничуть не уступающих зарубежным решениям. В заключении формулируются в виде плана основные направления и задачи развития информационного моделирования автомобильных дорог в отечественных условиях.

1. Введение

Первое программное обеспечение для инженеров-проектировщиков автомобильных дорог появилось в мире (и одновременно в Советском Союзе) в 1960-х годах как инструмент расчёта трасс и продольных профилей [1]. В силу ограниченности возможностей компьютеров в те времена долгое время эти программы имели весьма ограниченный функционал и применялись в основном в научных и вузовских кругах.

Ситуация существенно поменялась в 1980-х годах, когда появились персональные компьютеры, к которым имели доступ широкий круг инженеров. В это время стали появляться программные системы для геометрического проектирования дорог. Именно этот класс программ получил название «системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР АД)» [1–3]. Методологически эти программы дожили до наших дней практически в неизменном виде. Исходными данными по-прежнему является модель рельефа, а инженер создаёт дорогу в классических терминах «тангенциальный ход оси дороги», «профиль», «поперечник». Результатом работы САПР АД обычно являлся набор текстовых и графических чертежей, дорабатываемых позже в той или иной графической системе, например в AutoCAD.

В дальнейшем были созданы многочисленные программы для автоматизации расчётов и проектирования отдельных негеометрических элементов дорог, например, мостов, водопропускных труб, дорожных одежд, дорожных знаков, моделирования транспортных потоков, оценки воздействия на окружающую среду, подготовки смет и пр. Парадоксально, что, хотя все эти программы предназначены для автоматизации проектирования автомобильных дорог (или

Парадоксально, что, хотя все эти программы предназначены для автоматизации проектирования автомобильных дорог (или её элементов), мало кто из них сейчас входит в состав САПР АД.

её элементов), мало кто из них сейчас входит в состав САПР АД.

Если посмотреть на процесс автоматизации других отраслей, то история развивалась во многом похоже [4].

Например, в машиностроении в 1960-е годы с помощью компьютеров были автоматизированы отдельные виды расчётов, но отсутствие интерактивного графического интерфейса сдерживало развитие до 1980-х. Тогда появились машиностроительные САПР, которые вначале только чертили проекции. Затем появилось геометрическое 3D-моделирование, а затем (заново с учётом опыта 1960-х) — вспомогательные программы для расчётов (прочностных и пр.) и проектирования технологии производства. В качестве архитектурных САПР вначале применялись машиностроительные, однако позже появились специализированные системы, позволявшие проектировать здания в привычных терминах этажей, стен, окон, дверей, а также специализированные программы для проектирования инженерных коммуникаций зданий, экологических и тепловых расчётов.

Важным этапом эволюции машиностроительного и архитектурного автоматизированного проектирования стало появление концепций PLM (англ. product lifecycle management — управ-

ление жизненным циклом продукции) и BIM (англ. building information modeling — информационное моделирование зданий), выдвинувших ряд требований к базовым САПР (параметризация объектов, повторное использование объектов с помощью библиотек, стандартизация форматов обмена данными, управление проектами в течение всего жизненного цикла продукции или здания). Самым важным в PLM и BIM стал перенос акцента с технического проектирования объекта на комплексное управление видоизменяющимся объектом в течение всего его жизненного цикла.

Аналогичные инновационные процессы неизбежно шли со своей спецификой и в дорожном проектировании. Так, большинство объектов в САПР АД уже давно параметризированы, включая проектные поверхности, автоматически создаваемые на основе осей дорог, профилей и поперечников. Вместо «библиотек объектов» в BIM, в САПР АД и смежных продуктах представлены типовые библиотеки поперечников, водопропускных труб, элементов обустройства, материалов дорожной одежды и пр. Постепенно в мире стали появляться новые стандарты для обмена данными [5–7], и возникла концепция управления дорожными данными на всех этапах жизненного цикла на основе интегри-

Самым важным в PLM и BIM стал перенос акцента с технического проектирования объекта на комплексное управление видоизменяющимся объектом в течение всего его жизненного цикла.

рованных технологий ГИС и САПР (концепция «инфраструктуры дорожных данных») [8, 9].

В числе основных приоритетов дальнейшего развития САПР АД разными авторами и компаниями в последние годы назывались:

1. Подготовка модели местности на основе видеосъёмки и лазерного сканирования.
2. Концептуальное (эскизное) проектирование (предпроектные работы).
3. Работа с материалами аэро- и космосъёмки.
4. Работа с большими массивами данных лазерного сканирования.
5. Оценка проектных решений (моделирование транспортных потоков, моделирование коридоров движения автомобилей, оценка безопасности).
6. Автоматизация формирования проектной документации.
7. Коллективная работа и облачные технологии.
8. Интернет-приложения и мобильные устройства.
9. Интеграция с другими системами для проектирования.
10. Интеграция с ГИС-системами для управления в жизненном цикле.
11. Интеллектуализация САПР АД.

Многое из этого уже реализовано в ряде систем, однако множественность целей безусловно не способствовала планомерному сбалансированному развитию САПР АД. И хотя своей единой (всеми принятой) концепции из недр дорожной науки не выросло, благодатная почва для восприятия новых идей была подготовлена.

Похоже, что таковой сейчас становится идея обобщения BIM (изначально заточенной под здания) на инфраструктурные объекты, в т. ч. для проектирования мостов, тоннелей, автомобильных и железных дорог. Тем более, что на уровне общих лозунгов (параметризация, библиотеки моделей, интероперабельность, регламенты взаимодействия) всё выглядит весьма многообещающе.

В настоящей статье мы попробуем разобраться, как концепция BIM повлияла и продолжает влиять на развитие САПР АД — сиюминутно и в перспективе.

В статье под термином BIM мы будем подразумевать в основном «информационное моделирование для зданий», а под термином ИМД — «информационное моделирование автомобильных дорог» как часть концепции BIM для инфраструктуры (англ. BIM for infrastructure).

2. «BIM-совместимость» как массовое помешательство

Считается, что истоки концепции BIM уходят к 1975 году, когда в научный оборот был введён термин Building Description System (система описания зданий). Первой коммерческой реализацией BIM можно считать концепцию Virtual Building, реализованную компанией

Graphisoft в своём продукте ArchiCAD, выпущенном в 1987 году. Примерно с 2002 года 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 настоящее время на рынке концепцию BIM (для зданий) 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.

Таким образом, от возникновения идеи BIM до массовой реализации (примерно после 2005 года) прошло более 30 лет.

Воодушевлённые успехом BIM для зданий, в последние два года почти все производители программного обеспечения для проектирования автомобильных дорог массово изменили концепцию позиционирования своей продукции на рынке. Теперь они предлагают не САПР АД, а «BIM-решения». Или, по крайней мере, они просто предлагают свои давно существующие САПР АД как «BIM-совместимые», не поясняя, что они имеют в виду.

Сейчас это стало похоже на массовое помешательство. Процесс присвоения себе титула «BIM-совместимости» вышел из-под контроля. BIM в сфере строительства зданий имеет чёткие критерии: для программного обеспечения работает механизм строгой сертификации под эгидой консорциума buildingSMART, а на государственном уровне в ряде стран поддерживается механизм сертификации проектных организаций на соответствие принципам информационного моделирования в своей деятельности (например, в США это называется оценкой уровня зрелости организации). Абсолютно иная картина в сфере BIM для инфраструктуры. В настоящее время на площадке консорциума buildingSMART только ведутся работы по выработке единых моделей для инфраструктуры. В 2015 году был завершён только первый проект по стандартизации пространственных осей автомобильных дорог IFC Alignment, официально утверждённый 12 августа 2015 года как IFC 4x1. Оптимистично можно сказать, что полноценный комплект стандартов на информационные модели дорог появится только через несколько лет.

Тем не менее, термины «BIM-совместимость» и «BIM-решение» уже есть и, несмотря на их призрачность, необходимо с ними работать.

3. Текущие фантомные цели САПР АД в контексте BIM

Заметим, что если САПР АД изначально решает задачу автоматизации проектирования дороги, то концепция BIM направлена на управление процессом проектирования, строительства и эксплуатации в контексте жизненного цикла. Поэтому от «BIM-совместимой» САПР АД, работающей в составе «BIM-решения», требуются новые «навыки».

Оценка проектных процессов в подрядных организациях, проектирующих здания, в настоящее время в мире выполняется в соответствии с концепцией «уровня зрелости BIM» (англ. BIM maturity level) [10]. Существует множество таких концепций, часть из которых входят в состав стандартов ряда стран: I-CMM в составе National Building Information (CSIA, 2007), BIM Competency Index (Succar, 2013), BIM Maturity Matrix (Succar, 2010), BIM Proficiency Matrix IU (2009), BIM QuickScan (Van Berlo и др., 2012), VDC Scorecard и bimSCORE (Kam и др., 2013), Owner Maturity Matrix CIC (2012), Owner's BIMCAT (Giel и Issa, 2013). Не вдаваясь в детали, кратко рассмотрим наиболее популярный стандарт оценки зрелости I-CMM, используемый в США.

Так, стандарт NBIMS в части I-CMM вводит следующие 11 критериев (категорий) экспертных оценок, по каждой из которых ставятся оценки по 10-бальной шкале, которые затем складываются в соответствии с некоторыми весами, формируя итоговую оценку до 100 баллов:

A. Data Richness (Полнота данных). Характеризует полноту представления информационной модели здания от отдельных несвязанных элементов данных до полного владения всей значимой информацией и знаниями об объекте в BIM-системе.

B. Life-cycle Views (Вид жизненного цикла). Характеризует, насколько много этапов жизненного цикла покрывается BIM-системой от проектирования до эксплуатации.

C. Roles Or Disciplines (Должностные обязанности). Роли (должностные обязанности) определяют, каким образом люди вовлечены в бизнес-процессы и как передаётся информация. В идеале все сотрудники, выполнившие какие-то работы,

должны от своего имени самостоятельно занести сведения в единую базу данных.

D. Управление изменениями (Change Management). Управление изменениями — это методология для анализа и изменения бизнес-процессов, принятых в организации. Если в результате применения этой методологии обнаруживается, что бизнес-процесс некорректен, возникает необходимость проведения «анализа корневых причин» проблемы, а затем бизнес-процесс перестраивается на основе этого анализа. После перестройки необходимо проведение анализа проведённых изменений. В идеале все сотрудники организации должны регулярно рефлексировать с реакцией не более 48 часов.

E. Business process (Бизнес-процесс). Определяет, как увязаны бизнес-процессы с обработкой данных. Если данные собираются в рамках бизнес-процесса, то на сбор данных не требуется дополнительных затрат. Если сбор данных является отдельным процессом, то помимо дополнительных затрат данные будут, скорее всего, неточными. В идеале работа с BIM-данными должна стать частью бизнес-процесса, а изменение данных должно немедленно отражаться для остальных пользователей. Если ведутся полевые работы, то должна быть постоянная связь с офисом.

F. Timeliness/Response (Время выполнения запросов). В то время как часть информации является отчасти статической, другая часть может постоянно меняться, и минимальные задержки с её поступлением могут оказаться критическими. Данный критерий оценивает скорость предоставления информации по запросам. В идеале должны исчезнуть бумажные архивы, существующие дороги должны быть снабжены большим количеством телеметрических датчиков.

G. Delivery Method (Метод доступа). Данный критерий позволяет оценить, насколько просто (но безопасно) получить доступ к данным. Идеальные условия для доступа к данным должны быть предоставлены на различных вычислительных устройствах в сетевом окружении web-среде в архитектуре SOA (Service-Oriented Architecture). Кроме того, должна быть обеспечена необходимая безопасность доступа

к данным с помощью персональных карт доступа к BIM-системе.

H. Графическая информация (Graphical Information). Данный критерий оценивает эффективность представления графической информации в виде чертежей. В идеале вместо чертежей должны быть базы данных с 3D-объектами, предоставляющие доступ к состоянию объекта в прошлом и проектируемому будущему. Кроме того, должна быть информация о времени, стоимости и иных сведениях.

I. Пространственные возможности (Spatial Capability). Данный критерий оценивает возможности по интеграции с геоинформационными системами, что открывает для BIM-среды возможности по комплексной оценке зданий и сооружений в контексте обеспеченности инженерными коммуникациями, охраны окружающей среды, энергоэффективности и пр. В действительности здание просто должно иметь координатную привязку на местности и иметь корректные габариты.

J. Информационная точность (Information Accuracy). Данный критерий определяет, насколько непротиворечива и правильна модель здания, а также насколько устойчива модель при её изменении параметрически или структурно.

K. Интероперабельность/Поддержка IFC (Interoperability/IFC Support). Данный критерий определяет возможности обмена информацией без потерь между стандартными приложениями по стандартным протоколам обмена данными.

Очевидно, что за рубежом вышеперечисленные критерии последние годы существенно влияли на развитие САПР (как зданий, так и дорог) как элементов BIM. Ведь для успешного прохождения проектной организацией сертификации на требуемый уровень зрелости BIM-технологии в организации достаточно продемонстрировать не плохо формализуемое высокое качество получаемых проектных решений, а умение работать в соответствии с приведёнными 11 критериями [10].

Именно поэтому в списках функций зарубежных САПР АД мы видим «BIM-совместимые» умения: работать в цепочке других программ в течение жизненного цикла, работать

в облаке (хранить данные), поддерживать IFC и иметь параметрическую модель.

Остаётся надеяться, что в ближайшее время все САПР АД достигнут максимумов в гонке за критериями зрелости и вернутся к более глубокому осмыслению базовых, ещё неформализованных принципов информационного моделирования.

4. Элементы технологии BIM

Так всё-таки, что такое BIM, в частности, BIM для инфраструктуры? Какие элементы являются самыми главными, чтобы считать программную систему BIM-системой? И какое место здесь занимают САПР АД? Многие ответы уже сформулированы в существующих национальных и международных нормативных документах по BIM, часть ответов можно получить, изучив документы работы различных международных организаций.

В настоящее время основная масса национальных и международных стандартов в сфере BIM базируется на опыте международного консорциума buildingSMART и Великобритании (закреплённого в виде семейства стандартов PAS/BS 1192), поэтому рассмотрение элементов BIM целесообразно произвести на их примере.

4.1. Среда общих данных

В стандарте BS 1192:2007 [11] были введены самые базовые требования, обеспечивающие работу в концепции BIM. В основном они касались организации коллективной работы. В стандарте PAS 1192-2:2013 [12] эти требования были детализированы для стадии проектирования, а в PAS 1192-3:2014 [13] — для стадии эксплуатации.

Для этого было введено понятие среды общих данных (СОД, англ. Common data environment), которая должна состоять из 4 разделов (рабочего, общего, публичного и архивного), а помещаемые в них папки, файлы и слои чертежей должны удовлетворять определённым правилам именования.

Одной из важных тенденций последних лет стало появление инструментов для совместного просмотра и рецензирования подготовленных проектных решений и документации с помощью интернет-среды. Таким способом заказчик может взаимодей-

ствовать с подрядчиком, предоставляющим для рецензирования свои проектные решения в публичном разделе СОД.

BIM-элемент № 1. Среда общих данных.

BIM-элемент № 2. Совместный просмотр и рецензирование.

4.2. Жизненный цикл

В стандарте PAS 1192-2:2013 [12] было введено понятие жизненного цикла в контексте BIM. Ключевой особенностью этого цикла, состоящего из 8 управленческих этапов, было детальное рассмотрение состава информационных моделей, переходящих между этапами, а также введения управленческого понятия «точек принятия решений» (между некоторыми этапами).

Важным дальнейшим развитием концепции жизненного цикла стало введение понятия «уровень проработки моделей» (УПД, англ. level of development, LOD), с помощью которого упорядочивались требования к информационным моделям, передаваемым между разными этапами жизненного цикла. Так, наиболее популярная спецификация уровней проработки представлена в [14].

Детальное рассмотрение жизненного цикла и его адаптации под требования автомобильных дорог в контексте отечественной нормативной базы было проведено в работе [15], а уровней проработки моделей для автомобильных дорог — в [16].

В свою очередь для управления процессом реализации проектов в соответствии с данной концепцией жизненного цикла Американским институтом архитекторов разработана организационно-управленческая схема [17].

BIM-элемент № 3. Организация жизненного цикла.

BIM-элемент № 4. Уровни проработки моделей.

BIM-элемент № 5. Управление проектами.

4.3. Открытые форматы обмена данными

Важнейшим элементом организации совместной работы над проектами и залогом долговременной сохранности информации в течение всего жизненного цикла является применение

открытых стандартов, обеспечивающих полноценный обмен данными.

Центральным форматом данных в области информационного моделирования для зданий является формат IFC (Industry Foundation Classes), созданный и развиваемый консорциумом buildingSMART. Версия IFC 2x3 этого стандарта для зданий закреплена в международном стандарте ISO 16739:2013 и аналогично в BS 1192-4:2014 [18]. В стандарте введены основные типы объектов, используемые при проектировании зданий, а также регламентированы их связи и атрибуты. Именно использование стандартных параметризованных объектов, а не их чертежей, принципиально отличает стандарт IFC от более ранних САПР-стандартов.

Для нужд автомобильных дорог возможностей стандарта IFC 2x3 недостаточно, поэтому с 2013 года в консорциуме buildingSMART активно ведутся работы по развитию стандарта IFC с целью его адаптации для инфраструктурных объектов (автомобильных и железных дорог, мостов и тоннелей). Первым результатом стало утверждение 12 августа 2015 года стандарта IFC 4x1, в который было введено понятие Alignment (плановая трасса, продольный профиль и произвольная трёхмерная ось). Тем не менее, стандарт IFC ещё не скоро сможет охватить все потребности автомобильных дорог, поэтому на текущий момент целесообразно использовать многообразие других открытых стандартов.

Ещё одной важной составляющей концепции BIM стало широкое появление библиотек типовых объектов, создаваемых производителями изделий. В настоящее время такие библиотеки для зданий охватили практически всю номенклатуру строительных изделий, инженерной инфраструктуры зданий, элементов обустройства и дизайна. Аналогичная работа в сфере автомобильных дорог по созданию стандартных библиотек объектов инженерного обустройства, библиотек материалов дорожной одежды [19] безусловно упростит процессы проектирования.

BIM-элемент № 6. Параметризованные модели данных.

BIM-элемент № 7. Открытые форматы обмена данными.

BIM-элемент № 8. Библиотеки объектов и материалов.

4.4. Многомерные данные

Концепция BIM декларирует бесшовное управление данными в течение всего жизненного цикла. Для демонстрации такой всеядности обычно используется метафора «многомерности» BIM-данных от 4D до 7D и больше (на самом деле это не настоящая размерность привычного евклидова пространства, а просто некая «грань», «особенность» реального мира).

Наиболее часто в BIM (для зданий) используется такие метафоры:

«2D — Чертежи и карты»: Плоские ГИС-модели, кадастр недвижимости.

«3D — Модели»: Явные (твёрдотельные в случае зданий и сооружений) или неявные (в виде плана трассы и профилей в случае автомобильных дорог) модели объектов.

«4D — Время»: План реализации проекта, календарный график работ, контроль реализации проекта (строительства).

«5D — Смета»: Ведомости потребности трудовых ресурсов, механизмов, материалов, сметы, логистика поставок.

«6D — Устойчивость»: Оценка энергоэффективности, воздействия на окружающую среду, контроль коллизий при проектировании разнородных инженерных объектов и сетей, оценка устойчивости функционирования (прочностные и усталостные расчёты). В контексте автомобильных дорог в этот раздел целесообразно добавить моделирование транспортных потоков, проектирование организации дорожного движения и средств интеллектуальных транспортных систем.

«7D — Эксплуатация»: Исполнительная модель объекта, проект содержания, эксплуатация инженерных сетей, архив работ и событий.

BIM-элемент № 9. 4D — План реализации проекта.

BIM-элемент № 10. 5D — Ведомости и сметы.

BIM-элемент № 11. 6D — Оценка проектных решений.

BIM-элемент № 12. 7D — Эксплуатация (ГИС-модели для автомобильных дорог).

5. Элементы технологии ИМД

На декларативном уровне элементы BIM-технологии (для зданий), представленные в предыдущем разделе,

Именно поэтому необходимо вернуться на твёрдую землю и, не дискредитируя серьёзную концепцию информационного моделирования, сформулировать критерии сравнения и направления развития этих технологий с учётом богатого опыта отечественной науки и существующего огромного задела в сфере информационного моделирования автомобильных дорог.

безусловно, приемлемы для управления проектами в сфере автомобильных дорог. Однако, в настоящее время отсутствуют необходимые стандарты для обмена данными об автомобильных дорогах, а как следствие, отсутствует стандартная параметризация, стандартные библиотеки объектов и материалов, схемы организации общей среды данных и пр.

На уровне программных решений отдельных компаний и, используя нестандартные форматы файлов, уже сейчас можно продемонстрировать работоспособность и эффективность концепции ИМД (BIM для автомобильных дорог). На российском рынке такими поставщиками всеобъемлющих BIM-решений для инфраструктуры себя позиционируют Autodesk и Bentley. Они безусловно имеют огромный опыт информационного моделирования зданий, но в сфере ИМД они лукавят. Особенно это становится заметно, когда речь заходит о специфических отечественных стандартах, моделях местности, географии, библиотеках дорожных материалов, проектировании дорожных знаков, о формировании чертежей, ведомостей, оценке проектных решений и эксплуатации.

Именно в этих сферах весьма сильны отечественные продукты, и можно смело заявить, что линейки отечественных продуктов САПР и ГИС автомобильных дорог ничуть не хуже закрывают потребности информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла от проектирования до эксплуатации.

В таблице 1 приведено сравнение возможностей отечественных продуктов в сравнении с продукцией компаний Autodesk и Bentley, заявляющих о полном решении, закрывающем потребности дорожников в течение всего жизненного цикла. Ничего подобного. По сути, кроме геометрического проектирования и универсальных проч-

ностных расчётов, у западных коллег ничего нет. За кадром остаются такие крупные блоки, как подготовка геологических моделей (по отечественным нормативам), расчёты дорожных одежд, проектирование типовых искусственных сооружений (труб и малых мостов), проектирование ПОС и ППР, подготовка смет, а также все технологические процессы в рамках эксплуатации (паспортизация, диагностика, ПОДД, содержание, проектирование ремонтов).

Для того чтобы продемонстрировать выигрешность своих позиций, западные маркетологи часто подменяют потребности в автоматизации технологических процессов в дорожной отрасли наличием BIM-элементов, приведённых в предыдущем разделе. В таблице 2 представлено сравнение отечественных технологий с продукцией компаний Autodesk и Bentley в разрезе приведённых в предыдущем разделе 12 BIM-элементов.

Например, в этом случае отсутствие расчётов дорожных одежд из 11-го BIM-элемента (раздел 6D) одним махом компенсируется наличием прочностных расчётов мостов (тоже раздел 6D). И «плюсик» поставлен!

В итоге мы начинаем сравнивать программные продукты не по реальному вкладу в автоматизацию работы по проектированию или эксплуатации, а по количеству «фишек», придуманных специалистами по продаже.

Именно поэтому необходимо вернуться на твёрдую землю и, не дискредитируя серьёзную концепцию информационного моделирования, сформулировать критерии сравнения и направления развития этих технологий с учётом богатого опыта отечественной науки и существующего огромного задела в сфере информационного моделирования автомобильных дорог.

Таблица 1. Обеспечение концепции ИМД различными технологиями в разрезе жизненного цикла и отдельных технологических процессов

СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	AUTODESK	BENTLEY
1. Концептуальное проектирование	IndorGIS	Infraworks	–
2. Планировка территории	CREDO ГЕНПЛАН, IndorCAD/Site	Civil 3D	Power Civil
3. Инженерные изыскания (геология и геодезия)	CREDO_DAT, CREDO ГЕОЛОГИЯ, IndorSurvey, IndorCloud	Geotechnical module (геология)	PowerSurvey, gINT, GeoStructural Analysis
4. Геометрическое проектирование (стадии «П» и «Р»)	IndorCAD/Road, CREDO Автомобильные дороги, Robur — Автомобильные дороги	Civil 3D	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK
5. Проектирование (дорожные одежды, ПОС, ППР, сметы)	IndorPavement, CREDO РАДОН, Robur — Дорожные одежды, IndorCAD/Road, Гранд-Смета, ABC, Госстройсмета	–	–
6. Подготовка чертежей	IndorDraw, nanoCAD	AutoCAD	Microstation
7. Эксплуатация (ГИС)	IndorRoad, Титул-2005	–	–
8. Реализация проектов	IndorRoad	Navisworks	ProjectWise with ConstructSim
9. Проектирование организации дорожного движения	CREDO Дислокация, Титул-2005, Road Office, IndorRoad	–	–
10. Паспортизация и диагностика	IndorRoad, Титул-2005, СВГД	–	–
11. Проектирование мостов	ЛИРА, SCAD, АИС ИСО	Revit	RM Bridge
12. Эксплуатация мостов	АИС ИСО	–	AssetWise
13. Проектирование типовых труб	IndorCulvert, Robur — Искусственные сооружения, CREDO Трубы, ЛИРА, SCAD	–	–
14. Эксплуатация труб	IndorRoad	–	–

Таблица 2. Обеспечение концепции ИМД различными технологиями в разрезе BIM-элементов

ЭЛЕМЕНТЫ ИМД	ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	AUTODESK	BENTLEY
1. Среда общих данных	CREDO Автомобильные дороги (при проектировании), IndorRoad (при эксплуатации)	Revit	ProjectWise
2. Совместный просмотр и рецензирование	CREDO (при проектировании)	A360, DesignReview	ProjectWise
3. Организация жизненного цикла	IndorCAD + IndorRoad	–	ProjectWise + AssetWise
4. Уровни проработки моделей	–	–	–
5. Управление проектами	–	Revit	ProjectWise
6. Параметризированные модели данных	IndorCAD, CREDO, Robur	Civil 3D	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK, RM Bridge
7. Открытые форматы обмена данными	+	+	+
8. Библиотеки объектов и материалов	IndorCAD, IndorPavement, IndorCulvert, CREDO	Revit	RM Bridge
9. 4D — План реализации проекта	IndorCAD/Road, IndorRoad	NavisWorks	ProjectWise with ConstructSim
10. 5D — Ведомости и сметы	IndorCAD/Road, CREDO Автомобильные дороги, Robur — Автомобильные дороги	Civil 3D	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK, RM Bridge
11. 6D — Оценка проектных решений	IndorCAD/Road, CREDO Автомобильные дороги, Robur — Автомобильные дороги	Civil 3D, Revit	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK, RM Bridge
12. 7D — Эксплуатация	IndorRoad	–	AssetWise

6. Заключение

В заключение хотелось бы сформулировать в виде плана основные направления и задачи развития информационного моделирования автомобильных дорог в отечественных условиях. Последовательная реализация такого плана способна дать кумулятивный эффект развития не просто информационного моделирования, но и всей дорожной отрасли:

1. **Наука:** Совершенствование концепций проектирования и эксплуатации с учётом требований информационных технологий.
 - 1.1. Переработка научных теорий с учётом требований 5-го экономического уклада [20].
 - 1.2. Разработка теории концептуального (вариантного, эскизного) проектирования [21].
 - 1.3. Совершенствование теории моделирования транспортных потоков.
 - 1.4. Совершенствование методов оценки проектных решений с учётом возможностей 3-мерного моделирования [22].
 - 1.5. Определение места ГИС в паспортизации и диагностике.
2. **ИТ:** Разработка информационных моделей автомобильных дорог и их элементов.
 - 2.1. Адаптация международных стандартов на дороги, мосты, тоннели [23, 24].
 - 2.2. Разработка отечественных стандартов в сферах, не затрагиваемых международным нормотворчеством (геология, дорожные одежды, содержание, диагностика, ...) [20].
3. **ПО:** Внедрение концепций и моделей в программное обеспечение.
 - 3.1. Создание консорциума отечественных производителей ПО для координации работ.
 - 3.2. Взаимное признание форматов обмена данными, используемых де-факто.
 - 3.3. Разработка новых форматов под эгидой консорциума.
4. **Апробация:** Апробация технологий на пилотных объектах по заказу государства.
 - 4.1. Апробация технологий проектирования [25].
 - 4.2. Апробация технологий строительства [26].
 - 4.3. Апробация технологий эксплуатации [8].
5. **Практика:** Создание инфраструктуры дорожных данных.
 - 5.1. Создание единого координатного пространства на всей сети дорог [27].
 - 5.2. Создание единого адресного плана всей сети дорог [7].
 - 5.3. Создание единой базы данных ГИС по сети автомобильных дорог [5, 28].
6. **Нормотворчество:** Создание технического подкомитета по ИТ комитета 418, международное сотрудничество.
 - 6.1. Плановая переработка существующей нормативной базы по требованиям 5-го и 6-го экономических укладов [20].
 - 6.2. Введение в нормативную базу информационных моделей.
 - 6.3. Разработка системы сертификации организаций, работающих в концепции ИМД [10].
 - 6.4. Принятие ряда международных стандартов в статусе ГОСТ ИСО.
 - 6.5. Вхождение представителя от РФ в состав международного консорциума buildingSMART [29].
7. **Образование:** Введение обязательных курсов по САПР, ГИС и ИМД.
 - 7.1. Обучение в вузах.
 - 7.2. Курсы повышения квалификации.

Последовательная реализация такого плана способна дать кумулятивный эффект развития не просто информационного моделирования автомобильных дорог, но и всей дорожной отрасли.

В последние годы дорожная отрасль познакомилась с информационным моделированием. Первоначальное «очарование» у многих сменилось «разочарованием». Красивые концепции оказались не полностью поддержаны программным обеспечением. Но по мере совершенствования технологий эпоха «идеализма» неизбежно сменится «прагматизмом». И, как видится, отечественная дорожная наука и наши (российские, белорусские, украинские) производители про-

граммного обеспечения готовы достойно ответить на вызов времени. ■

Литература:

1. Бойков В.Н., Поспелов П.И., Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. М.: Академия, 2015. 256 с.
2. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 1,6–7. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.1.

3. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 6–9. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.1.
4. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2.
5. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Создание инфраструктуры дорожных данных Российской Федерации RusRoads // Пространственные данные. 2009. № 3. С. 67–71.
6. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 98–102. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.16.
7. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 47–54. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.10.
8. Скворцов А.В., Поспелов П.И., Бойков В.Н., Крысин С.П. Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. VI. М.: ФГУП «Информавтодор», 2006. 372 с.
9. Скворцов А.В., Поспелов П.И., Котов А.А. Геоинформатика в дорожной отрасли. М.: МАДИ (ГТУ), 2005. 250 с.
10. Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12–21. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.3.
11. BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information — Code of practice. 2007. 38 p.
12. PAS 1192-2:2013 (Incorporating Corrigendum No. 1). Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. 2013. 68 p.
13. PAS 1192-3:2014 (Incorporating corrigendum No. 1). Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling. BSI Standards, 2013. 44 p.
14. Level of Development Specification. Bimforum, 2015. 160 p.
15. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.
16. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4.
17. E203–2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit. The American Institute of Architects, 2013. 7 p.
18. BS 1192-4:2014. Collaborative production of information. Part 4: Fulfilling employers information exchange requirements using COBie — Code of practice (Draft). 2014. 45 p.
19. Рукавишников Е.Е. Расчёт жёстких дорожных одежд с помощью IndorPavement // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 114–118. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.17.
20. Скворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 22–32. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.4.
21. Князюк Е.М. Обзор возможностей систем эскизного проектирования автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 59–67. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.10.
22. Бойков В.Н., Мирза Н.С., Петренко Д.А., Скворцов А.В. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16.
23. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
24. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
25. Бойков В.Н., Неретин А.А., Скворцов А.В. Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.5.
26. Гулин В.Н. Цифровые модели для систем управления дорожно-строительными машинами // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 56–59. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.6.
27. Гулин В.Н., Миронов С.А. Обеспечение единого координатного пространства: привязка к государственной системе высот // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 48–53. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.8.
28. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Разработка инфраструктуры дорожных данных // Дорожная держава. 2009. № 22. С. 29–31.
29. Официальный сайт международной организации buildingSMART. URL: <http://www.buildingsmart.org> (дата обращения: 28.05.2015).

Как развивать отечественные технологии информационного моделирования дорог?

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.2

Величко Г.В., к.т.н., главный конструктор компании «Кредо-Диалог» (г. Минск)

Рассматриваются особенности технологий информационного моделирования дорог (ИМД), обусловленные качественно новыми требованиями к эффективности всех процессов их изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации. В анализе альтернативных вариантов повышения эффективности всего жизненного цикла дорог учитывается накопленный опыт и результаты разработки, внедрения и применения отечественных САПР автомобильных дорог, а также общность целей их применения в существующих технологиях ИМД. Исходя из понимания ИМД, прежде всего, как технологии достижения этих целей, обосновывается актуальность дальнейшего развития программного обеспечения отечественных технологий ИМД для эффективного и качественного решения всего спектра задач жизненного цикла, а также необходимость реализации организационно-технических мер, направленных на обеспечение интеграции функциональных возможностей систем разных производителей в работе с едиными информационными моделями дорог.



Дан приказ ему: «На BIM!»

Из большого обилия материалов различных публикаций, конференций и других мероприятий, захлестнувших информационное пространство в ходе переживаемого нами бума BIM'a, далеко не всегда можно прийти к чёткому и однозначному ответу на вопрос, поставленный в названии статьи. Ведь для неожиданно резко возросшего числа новых приверженцев данных технологий даже сама правомерность такой его постановки порой вызывает сомнение. И это можно понять, поскольку из буквальной трактовки плана Минстроя [1] и из вариантов развития его положений в планах Минтранса следует достаточно спорный факт либо отсутствия отечественного прикладного программного обеспечения (ПО), а соответственно, и самих технологий ИМД, либо их непригодности для реализации BIM-технологий. Намеченный этими планами отбор и анализ именно «пилотных» проектов неявно подразумевает некоторую эксклюзивность технологий информационного моделирования, применённых при их разработке, а последующие меры не предусматривают какого-либо анализа и оценки эффективности аналогичного опыта подготовки проектов с применением существующих информационных технологий. В итоге нацеленность этих планов прежде всего на поэтапное **внедрение** информационных технологий по сути игнорирует почти полувековую отечественную историю их разработки, внедрения и массового практического применения¹.

Немного из современной истории отечественных САПР

Наиболее значимые результаты этой истории были достигнуты в течение последних 25 лет благодаря появлению доступных для массового применения персональных компьютеров и новых социально-экономических отношений в обществе. Практически одновременное стечение этих обстоятельств открыло возможности для реализации частной инициативы и творческого потенциала отечественных разработчиков систем автоматизированного проектирования в различных прикладных областях инженерной деятельности, в том числе и для дорожной отрасли. В процессе своего развития принципы построения создаваемых ими систем (САПР АД) отошли от описанной в [3, 4] последовательной стыковки различных технологических линий проектирования труб, мостов, земляного полотна и т.д., считавшихся классическими и неизбежными в то время. Однако цель их создания, состоящая в **повышении качества и технико-экономического уровня результатов проектирования, строительства и эксплуатации отечественных дорог**, осталась неизменной.

¹ Другие ключевые проблемы этих планов, которые по мнению некоторых специалистов определяют их несостоятельность, изложены в статье [2].

Особенностью достижения этих целей при проектировании объектов транспортной инфраструктуры является вариантная проработка концептуальных и детальных проектных решений. Для эффективного достижения этой цели отечественные разработчики САПР АД стремились обеспечить высокую **эффективность труда инженеров**, достигаемую за счёт сокращения трудоёмкости, сроков и себестоимости процессов планирования, проектирования и оптимизации затрат на строительство и эксплуатацию объектов транспортной инфраструктуры. В подавляющем числе проектных организаций России, оснащённых отечественными и зарубежными САПР АД, имеется постоянно развивающийся потенциал практического решения этих задач, который обеспечивается:

- информационной поддержкой и автоматизацией процессов принятия решений как на этапе концептуального, так и на последующих этапах проектирования;
- применением методов вариантного проектирования и оптимизации проектных решений;
- использованием технологий распределения труда и коллективной работы как внутри одной организации, так и с её смежниками;
- автоматизацией подготовки и оформления документации;
- возможностью настройки и организации автоматизированных технологий в зависимости от задач и специфики изысканий, проектирования и строительства объектов транспортной инфраструктуры.

Общей тенденцией развития отечественных САПР, а также основанных на них технологий ИМД являлась собственная реализация или интеграция с различными видами ПО, решающего задачи других этапов жизненного цикла дорог:

- сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации об объектах (функционал ГИС);
- управления строительством и эксплуатацией объекта, а также другими процессами на протяжении всего его жизненного цикла (функционал PLM+PDM-систем), включая управление различными видами информации о нём (функционал EDM, PIM, TDM, TIM и других систем);
- подготовки технологических процессов строительства и ремонта дорог, ориентированных на использование так называемых 3D САУ ДСМ, а также имитации строительства с различной степенью реалистичности, статической или динамической визуализации реализации технологических процессов, «3D-сборки» объекта из соответствующих компонентов (функционал САМ-систем);
- автоматизации инженерных расчётных методов, позволяющих оценить, как поведёт

себя компьютерная модель объекта в реальных условиях эксплуатации, т.е. выявить так называемые коллизии. Они помогают убедиться в работоспособности изделия без привлечения больших затрат времени и средств ещё на стадии концептуального или рабочего проектирования.

Также следует отметить, что в основу современных концепций разработки практически всех отечественных САПР, используемых в реализации технологий ИМД, положен приоритет 3D-модели, а не чертежей. Отсутствие объективного анализа и оценки уровня их BIM-зрелости не даёт основания считать, что они не существуют или не дают какого-либо положительного эффекта. Ведь это никак не согласуется с фактом и опытом их применения в подавляющем числе учебных и производственных организаций дорожной отрасли России и других стран СНГ, систематически освещаемом на многочисленных конференциях и в отраслевых СМИ, например в [5, 6].

Диалог с жертвой отечественного бума BIM'а на стенде софтверной компании:
 — А у вас есть BIM?
 — Только что кончился.
 — А где ещё можно его купить?

С учётом этого становится вполне очевидным, что инициированный правительством процесс составления и обсуждения планов «поэтапного внедрения» [1], особенно в части технологий ИМД, не может быть продуктивным без анализа соответствия их текущего состояния тем актуальным проблемам и задачам дорожной отрасли, которые определены планами её развития на ближайшую перспективу [7]. Результаты такого анализа позволяют обосновать и конкретизировать детализацию положений обсуждаемых планов. Для определения более чёткой направленности этой работы название «план поэтапного развития технологий ИМД» более приемлем, так как есть основания полагать, что существующее название создаст неоднозначное мнение о том, что они действительно направлены на внедрение каких-то абсолютно новых зарубежных технологий и, соответственно,

Также следует отметить, что в основу современных концепций разработки практически всех отечественных САПР, используемых в реализации технологий ИМД, положен приоритет 3D-модели, а не чертежей.

программных продуктов, поддерживающих их.

Возникающее у отечественных специалистов первичное ощущение этой новизны во многом обусловлено новым термином «BIM». Его однозначное точное русскоязычное определение пока ещё не сформировалось. Из материалов многочисленных публикаций о BIM можно сделать вывод, что это, прежде всего, технологии информационного моделирования. Процесс их многолетнего совершенствования условно разбит на «уровни зрелости», границы которых определены его существенными качественными изменениями. В полном согласии с законами диалектики они обусловлены количественными изменениями в показателях производительности и других возможностей большого разнообразия вычислительных устройств, функциональных возможностей и разнообразия прикладного программного обеспечения, областей их применения и числа пользователей.

Во многих индустриально развитых странах эти процессы переросли инновационную стадию их развития и стали той неотъемлемой частью производства и жизни общества, которую нельзя уже не учитывать в государственных планах его развития. Однако и в этом случае речь идёт не о «внедрении BIM» по распоряжению правительства, а о дальнейшем его развитии с учётом интересов всё более широких слоёв этого общества. По сути, получается, что одновременно внедрить BIM, тем более чужеродный, с присущими ему многочисленными связями со всем технологическим, нормативным, правовым и социальным укладом страны его происхождения практически невозможно. Его можно только взрастить из отечественных информационных технологий при условии их непрерывного развития и всё большей интеграции с производством, образованием и другими сферами жизни общества.

Вполне очевидно, что активная поддержка и управление этим про-

цессом на государственном уровне будет способствовать его ускорению и эффективному достижению требуемых результатов, тем более, что декларируемые цели и преимущества отечественных и зарубежных информационных технологий практически идентичны. Особую привлекательность этим целям в рекламе зарубежных BIM-технологий придают красивые и внушительные цифры снижения «начальных затрат на строительство и стоимости эксплуатации на 33%, сокращения сроков проектирования, выбросов парниковых газов от строящихся объектов и отставания в экспорте строительных услуг на 50%» [8]. После ошеломляющего эффекта очарования красивыми слайдами многочисленных BIM-презентаций и этими цифрами наступает пора размышлений над множеством вопросов.

Вопросы, риски и направления развития отечественных технологий ИМД

В первую очередь это касается методики и достоверности прогноза этих показателей, которые английской отраслевой стратегией развития «Строительство 2025» намечено достигнуть только через 10 лет при условии успешного развития BIM-технологий до 3 уровня зрелости! Эти обобщённые показатели не дают ясного представления о том, что, когда и как может быть достигнуто в каждом из конкретных направлений строительной отрасли Англии или другой индустриально развитой страны. Вполне очевидно, что для принятия ответственных решений на самом высоком уровне следовало бы предоставить ответы на вопросы типа:

- Как и по отношению к какому состоянию и уровню зрелости BIM-технологий строительной отрасли Англии рассчитаны эти проценты?
- За какое время, по каким показателям и каких результатов можно

достичь в каждом конкретном сегменте строительной отрасли России, например в дорожной?

- Является ли отставание «экспорта строительных услуг» одной из четырёх самых значимых проблем дорожной отрасли России, и насколько улучшится её положение после снижения этого отставания на 50%?
- Готова ли существующая сеть отечественных дорог к снижению «начальных затрат на строительство и стоимости эксплуатации на 33%», и как это отразится на качестве транспортного обслуживания населения и на безопасности движения?

Эти и другие вопросы обусловлены отнюдь не скептическим отношением к импортным или отечественным технологиям информационного моделирования в целом и автомобильных дорог в частности. В первую очередь они отражают наличие существенных опасений в том, что из-за отсутствия объективного анализа уровня, результатов и перспектив развития отечественных технологий ИМД существует высокая вероятность принятия и реализации каких-либо недостаточно обоснованных или не выверенных решений. При этом также весьма высока вероятность их осуществления с не оправдывающими ожидания результатами, которые вернут маятник интереса руководителей и других специалистов отрасли к технологиям информационного моделирования в исходную точку игнорирования значимости их инновационного потенциала и необходимости заботы об их развитии.

О другой наметившейся угрозе риска развития технологий информационного моделирования, связанной со стремлением её монополизации на базе единой, но не российской «BIM-платформы», можно судить по некоторым заявлениям её апологетов о том, что: «На российском рынке есть две-три компании, которые могли бы создать российскую платформу для BIM. Однако без государственной поддержки, самостоятельно, такую разработку вряд ли можно осилить в разумные сроки. Приемлемый для рынка продукт «тянет» на сотни человеко-лет разработки» [9]. Из этого они делают вполне «логичный»

вывод, что: «Когда же BIM станет нормальным способом выполнения проектов, у отечественных разработчиков появится рынок, они смогут далее развиваться самостоятельно, без «подпитки» от государства».

При этом вполне очевидно, что монопольное право разработки и внедрения базового и прикладного ПО для обеспечения информационных технологий ни к чему хорошему не приведёт. Из этого следует вполне логичный вывод о том, что на современном этапе отечественной строительной отрасли необходимы технологии информационно-насыщенного моделирования проектируемых и эксплуатируемых объектов, реализуемые при максимальной интеграции инновационного функционала ПО различных производителей с использованием унифицированных интеллектуальных элементов модели, насыщенных необходимыми параметрическими зависимостями и дополнительной информацией. Фактически мы это и наблюдаем в процессе развития отечественных технологий ИМД, реализуемых с применением программного и технического обеспечения различных производителей.

Сакральная суть этих технологий, которая применительно к обсуждаемой теме кратко сводится к пониманию того, **кто, когда, чем и как** должен обеспечить наилучший результат всего процесса ИМД, сформулирована в [10] и во многих других интервью, презентациях и публикациях на эту тему. И с таким пониманием трудно не согласиться. Так же как и с тем, что это позволит строительной отрасли России «сделать шаг вперёд и вместо того, чтобы строить то, что получается, строить лучшее из возможного», а также с тем, что «это означает многовариантность и принятие решений на основе разнообразных данных на самых ранних стадиях проекта». Именно этим пониманием сути, назначения и путей развития технологий ИМД обусловлено стремление отечественных и зарубежных специалистов не к созданию какой-то единой и универсальной для всех случаев программно-инструментальной платформы, а к созданию разнообразных стандартов и регламентов, обеспечивающих максимально свободную

передачу данных моделей объектов между различными прикладными приложениями.

В силу всё возрастающего объёма требований к эффективности и качеству проектируемых, строящихся и эксплуатируемых объектов для их удовлетворения крайне желательно увеличение числа разработчиков, конкурирующих не в степени закрытости структур и форматов хранения данных, а в степени открытости, удобства, эффективности и качества решения этих задач. В этом залог не только устойчивого развития отечественных технологий ИМД, но и исключения рисков снижения надёжности их технической поддержки и сопровождения из-за неустойчивой конъюнктуры на преимущественно частном рынке производителей ПО, из-за возможных осложнений во внешнеполитической обстановке и пр.

Благоприятные условия и уникальная возможность для реализации качественно нового этапа развития отечественных технологий ИМД

Наибольшие результаты для обеспечения такого процесса в зарубежных технологиях информационного моделирования достигнуты в области зданий и других уникальных, насыщенных сложным технологическим оборудованием сооружений. В области информационного моделирования объектов инфраструктуры и, в частности, автомобильных дорог, этот процесс находится в начальной стадии. Поэтому в ходе реализации намеченных правительством РФ мер отечественным разработчикам предоставляется уникальный шанс уча-



ствия в разработке соответствующих отечественных стандартов и регламентов, приведения в соответствие с ними большого объема существующей нормативно-методологической базы дорожной отрасли России. Результативность этой работы будет во многом предопределена накопленным ими уникальным опытом и знаниями в области информатики, изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

И такая работа уже начата в ГК «Автодор». В обосновании реализуемой ею политики, направленной на внедрение технологий ИМД, položены актуальные задачи повышения технического качества проектных и управленческих решений на стадиях строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации автомобильных дорог, транспортных развязок и объектов придорожного сервиса. В прикладном функционале существующих технологий ИМД уже накоплен значительный инновационный потенциал, который при решении этих и других задач количественно и качественно превосходит возможности традиционных «ручных» или «бумажных» технологий проектирования и информационной поддержки принятия управленческих решений. Например, опыт проектирования и ремонта дорог с применением отечественных технологий ИМД, современных технологий лазерного

сканирования, а также фрезерования и устройства нового покрытия по его 3D-модели показывает, что цели существенного снижения затрат и повышения качества этих работ, оцениваемые по прямым, а не косвенным показателям, достижимы уже на текущем уровне развития этих технологий [11].

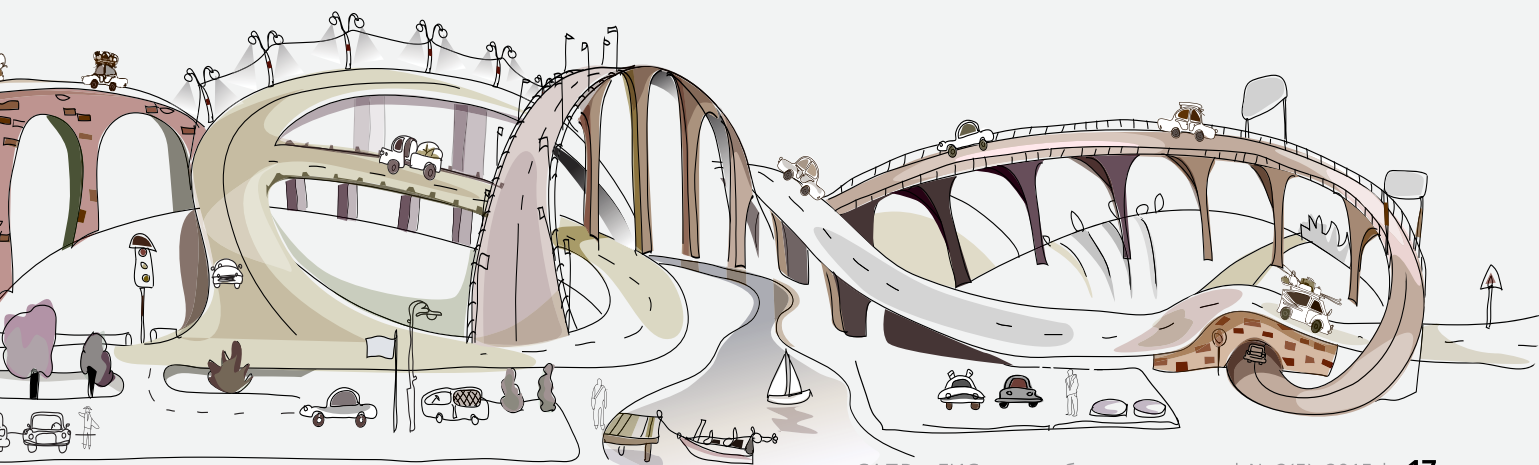
В фокусе проблем — требования, нормы, структуры моделей данных и файлы

Однако раскрытию этого потенциала препятствуют многие проблемы существующей нормативно-методологической базы дорожной отрасли. Некоторые проблемы, связанные с неоднозначностью и неопределенностью нормативных требований к качеству проектных решений, сдерживающие эффективность программной реализации и применения технологий ИМД, изложены, например, в [12, 13] и других источниках. Устранение этих и других проблем с привлечением опыта и знания разработчиков информационных технологий является одной из первоочередных задач их развития. Их решение позволит существенно расширить область творческого поиска вариантов более качественных проектных решений, нуждающихся в постановке и реализации прикладного функционала создаваемых ими систем.

Не менее важным представляется развитие отечественных технологий ИМД, направленное на предоставление пользователям возможности интеграции инновационного функционала ПО различных производителей в той мере, которая необходима для организации их эффективной работы с единой 3D-моделью объекта и связанной с ней информацией. В качестве обоснования актуальности этого направления работ вполне уместно привести мнение доктора Кена Версприлла² о современных проблемах 3D-моделирования [14]: *«Я считаю, что главным недостатком современных моделлеров сегодня является тот факт, что они не уделяют достаточного внимания реальности, в которой мы все живем. Сегодня проектирование — это мир многих приложений, это мир многих САПР, так что рано или поздно данные, возникшие на основе какого-то одного ядра, потребуются перенести на другое ядро и работать с ними уже там. Проблемы, при этом возникающие, связаны, например, с использованием*

² Доктор Ken Versprille знаменит своим выдающимся вкладом в индустрию САПР. Он имеет за плечами сорокалетний опыт применения программных решений для конструирования и производства. Он занимал ведущие должности в компаниях, разрабатывающих и консультирующих в областях CAD/CAM/CAE/CIM. В 2005 году CAD Society, некоммерческая ассоциация отрасли САПР, присудила Кену Версприллу награду за неоценимый вклад в технологию САПР в виде NURBS [15].

...опыт проектирования и ремонта дорог с применением отечественных технологий ИМД, современных технологий лазерного сканирования, а также фрезерования и устройства нового покрытия по его 3D-модели показывает, что цели существенного снижения затрат и повышения качества этих работ, оцениваемые по прямым, а не косвенным показателям, достижимы уже на текущем уровне развития этих технологий.



в вычислениях разных допусков, с неявными последствиями не задокументированного выбора форматов данных, с разными алгоритмическими подходами даже к стандартным геометрическим вычислениям... Точность становится критическим фактором во всех тех случаях, когда геометрические вычисления на 3D-модели выполняются менее точно, чем это потребуется в алгоритмах, которые оперируют с данной моделью на следующих этапах процесса проектирования». Во многом именно этими проблемами обусловлены неудачи многочисленных инициатив организаций-пользователей самостоятельно организовать непрерывные и комплексные технологии ИМД с применением ПО различных производителей, необходимых для обеспечения их эффективной и качественной работы.

Ни для кого не секрет, что, несмотря на различные декларации, возможности реализации BIM-технологий за счёт изменения технологий без изменения ПО, на практике пользователи не могут осуществить полноценный обмен без потери ценной информации не только на уровне достаточно устоявшихся ЦММ, но даже на уровне тех данных ИМД, которые описывают модели их плана или продольного профиля. В таких случаях реальный обмен данными происходит на уровне электронных «картинок», процесс восстановления по которым «живой» и интеллектуальной ИМД сопряжён со значительной потерей времени и сил. Они крайне неэффективно тратятся на настройку соответствия разных библиотек условных знаков и других элементов вспомогательных ресурсов, интерактивное «оживление» расчленённых на множество фрагментов импортированных моделей и на многое другое.

Несложно представить себе тот тупик, в который зайдёт этот процесс при наличии в импортируемой модели оси плана или продольного профиля дороги дуги такого элемента, как «овальная» клотоида, одной из кривых семейства «half-sine» (например, кадиоиды), степенной тормозной поликлотоиды (например, ПЕРС), VGV_Kurve, полиномиальной кривой второй или более высокой степени или эквидистанты одной из

них. Несмотря на то, что эти типы кривых упоминаются только в проектах совершенствуемых норм, они всё шире находят своё применение не только в используемых отечественными пользователями прикладных системах, но и в моделях реальных проектов, а также в геометрии построенных с их применением дорог [3, 4, 16–18]. Всё это повышает вероятность возникновения описанных выше безвыходных для технологий ИМД ситуаций. Для исключения этих и других фатальных при обмене данными проблем необходимо разрабатывать соответствующие ГОСТы, а разработчикам ПО этих технологий крайне необходимо согласованно соблюдать эти требования так, как это определено, например, в [19].

Проблемы обмена данными усугубляются ещё и тем, что для решения задач всего жизненного цикла дороги нужен не один, а несколько типов информационных моделей, например, исходного, концептуального, проектного, строящегося, построенного и эксплуатируемого состояния объекта [20]. Их назначение, требования к их «устройству», т.е. требования к структуре и взаимодействию составляющих её компонент, а также необходимая степень их взаимодействия с другими типами моделей определяются целями тех разнообразных производственных задач, которые необходимо решать на каждом из этапов этого жизненного цикла. Примеры типизации моделей, требований к ним и программные решения практической реализации такой мультимодельной или мультипроектной обработки данных на платформе программных продуктов CREDO III изложены в [21, 22]. Вполне очевидно, что для развития таких или других подходов на мультиплатформенном³ уровне необходима унификация не только самих типов моделей, но также и их «устройства» с открытыми спецификациями структур данных и файлов их хранения. При этом, естественно, требования к этим файлам не должны ограничиваться только перечнем названий их расширений. Ведь многие из них ещё предстоит создать.

³ В некоторых случаях среду, в которой обеспечена совместная работа приложений, созданных на разных программных платформах или для разных операционных систем, называют *гетерогенной* (разнородной).

Программисты всех стран, объединяйтесь!

Конкретные детали возможных вариантов реализации этого направления, с одной стороны, не укладываются в рамки данной статьи, а с другой стороны — не имеют смысла в дальнейшей проработке без наличия осознанного согласия тех разработчиков технологий ИМД, которые готовы принять участие в этой большой, сложной и ответственной работе. Однако понимание взаимной выгоды от её результатов для всех создателей объектов транспортной инфраструктуры и их пользователей, а также реальная перспектива приблизить облик отечественной дорожной отрасли к желаемому цифровому виду даёт основание для инициации этого процесса. Для его успеха необходимо участие наиболее активных пользователей, а также понимание и поддержка заинтересованных в этом руководителей отрасли. ■

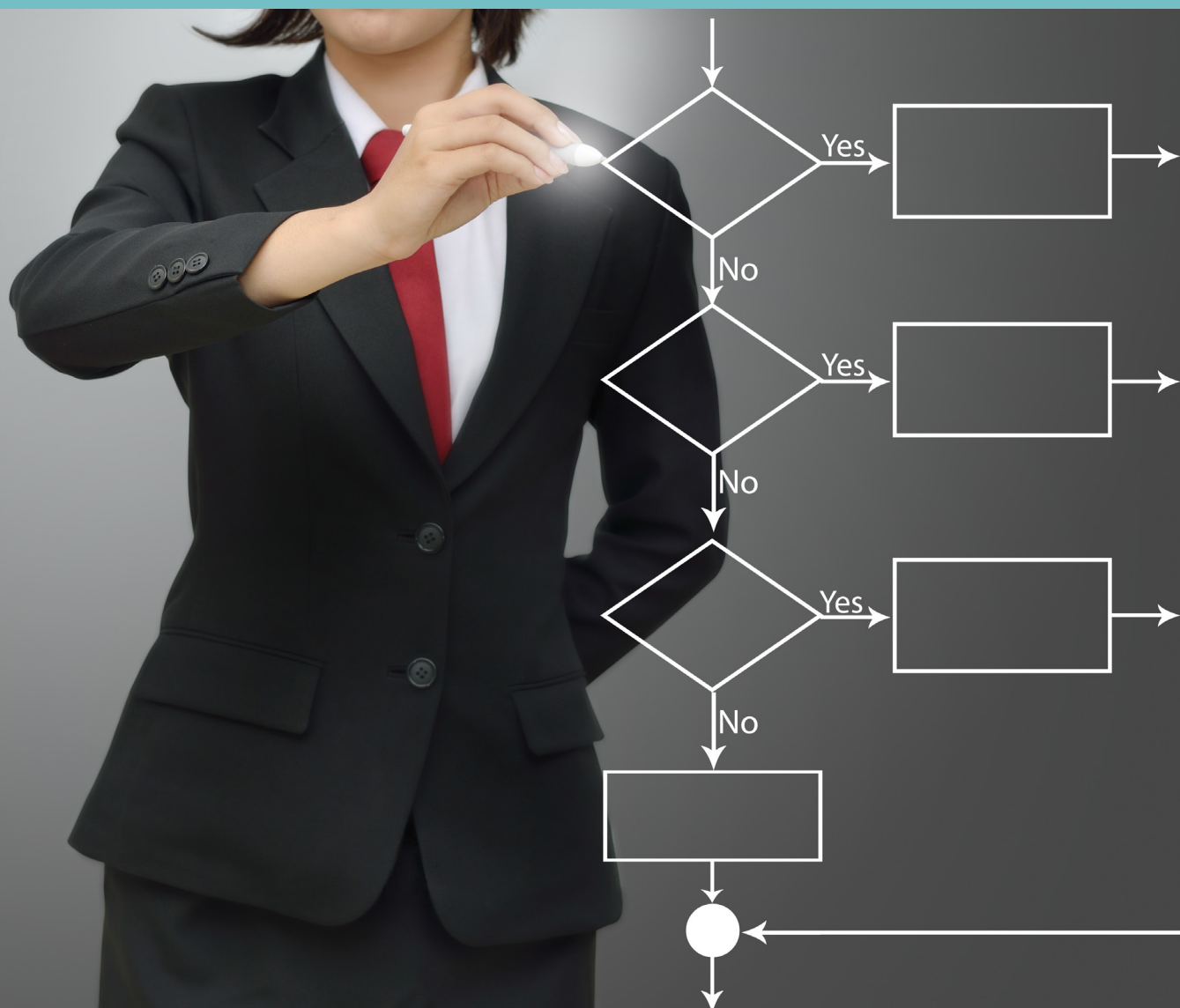
Литература:

1. План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства и проектирования. Утверждён приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29 декабря 2014 г. № 926/пр.
2. Талапов В. Внедрение BIM в России: куда оно пойдёт? URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17535 (дата обращения: 30.09.2015).
3. Проектирование автомобильных дорог. Справочник инженера-дорожника / Под ред. Г.А. Федотова. М.: Транспорт, 1989. 437 с.
4. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1986.



5. Жуховицкий Г.М., Величко Г.В. Комплексные технологии в дорожной отрасли // Транспортная стратегия — XXI век. 2008. № 4. С. 70–72.
6. Жуховицкий Г.М., Величко Г.В. Отечественные информационные технологии — потенциал развития дорожной отрасли // Дорожная держава. 2015. № 59. С. 20.
7. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 11 июня 2014 года). Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года, N 1734-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902132678> (дата обращения: 30.09.2015).
8. Король М. Британцы сообщили миру, что такое BIM уровня 3: это — Digital Built Britain. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17570 (дата обращения: 30.09.2015).
9. Король М. BIM-технологии в приоритете Минстроя. URL: http://concurator.ru/press_center/publications/?id_object=86 (дата обращения: 30.09.2015).
10. Морозова А. Зачем Мосгосэкспертизе нужен BIM? URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17838 (дата обращения: 30.09.2015).
11. Величко Г.В. Нормативный недоремонт // Автомобильные дороги. 2011. № 5.
12. Величко Г.В. Проблемы и пути реализации инновационного потенциала САПР // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2010. № 1(36).
13. Скворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 22–32. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.4.
14. Изобретатель NURBS: о прошлом, настоящем и будущем САПР. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16049 (дата обращения: 30.09.2015).
15. Версприлл К. URL: http://plmpedia.ru/wiki/Кен_Версприлл (дата обращения: 30.09.2015).
16. Инновационные технологии информационного моделирования и строительства дорог. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Hwwc6sYeG08&feature=youtu.be> (дата обращения: 30.09.2015).
17. Купин П.П., Близниченко С.С., Игнатьев В.П. Проектирование кривых в плане на внутрихозяйственных дорогах // Автомобильные дороги. 1984. № 4. С. 11–12.
18. Белятинский А.А., Таранов А.М. Проектирование кривых при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. Киев: Вища школа, 1989.
19. ГОСТ Р «Элементная база геометрического проектирования дорог» (Проект). Отчёт МАДИ по НИР, выполненной по государственному контракту № ФДА 47/218 от 15.11.2013 г. и дополнительному соглашению № 1 (рег. № ФДА 47/151) от 19.03.2014 г.
20. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.
21. Величко Г.В. Развитие информационно-инструментальной основы автоматизированных технологий в строительстве (доклад на конференции) // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2002. № 4–5. С. 40.
22. Программные продукты CREDO третьего поколения. Новые принципы организации данных // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2003. № 8. С. 6.





Информационное моделирование при разработке проектной и рабочей документации

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.3

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

Рассматривается методика разработки проектной документации на стадиях «П» и «Р» в виде единого бизнес-процесса, использующего технологию информационного моделирования. Предлагается методика повышения уровня автоматизации на стадиях проектирования «П» и «Р» за счёт повторного использования проектных моделей. Для повышения производительности проектной деятельности предлагается сместить приоритет с разработки чертежей и прочей документации к разработке моделей, что в дальнейшем позволит повысить производительность с использованием автоматизированных систем управления строительной техникой.

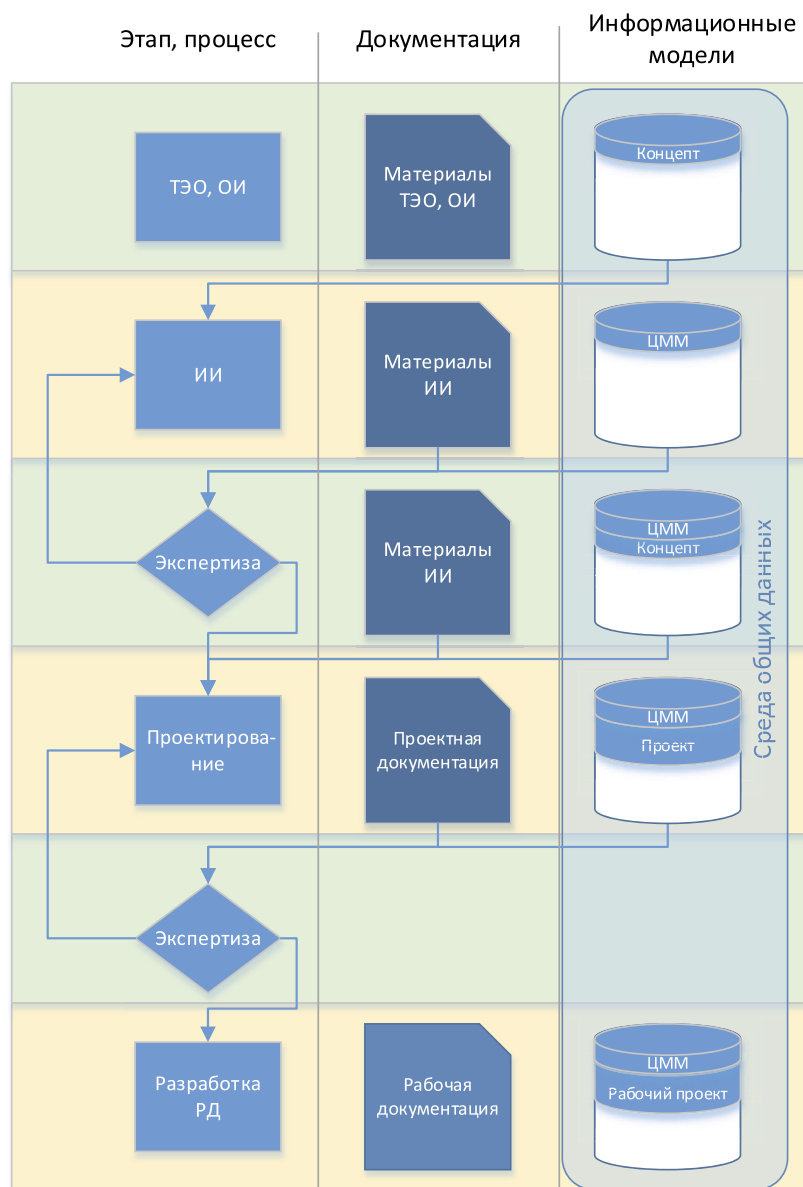


Рис. 1. Общая схема применения информационного моделирования на различных этапах жизненного цикла автомобильной дороги

Введение

Несмотря на существенные успехи технологии САПР автомобильных дорог [1, 2], при проектировании сохраняется большой объём работ, выполняемых не на основе модели дороги. Также следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев между этапами проектной деятельности передаётся не модель, а документация, что требует повторного воспроизведения модели (которая уже ранее была изготовлена и на основании которой была сформирована документация).

В смежных областях промышленного и гражданского строительства при проектировании зданий акцент начал

смещаться с разработки проектной и рабочей документации на широкое применение и повторное использование информационных моделей здания. Так, модель, полученная на этапе архитектурного проекта, передаётся конструкторам для разработки рабочего проекта, который является дальнейшей детализацией архитектурной модели. Согласно исследованиям, эффект от применения такой методики разработки приводит по оценкам [3] к экономии до 25–30% от стоимости проектирования в целом.

Ещё больший эффект наблюдается в машиностроительном проектировании: ускорение и снижение затрат

на разработку проектной документации является кратным по сравнению с методикой, ограниченной передачей текстовой и чертёжной документации между этапами проектирования [4].

Стадии проектирования «П» и «Р»

На рисунке 1 представлена общая схема выполнения этапов разработки проектной и рабочей документации. Согласно действующим нормативам основной результат этих этапов и процессов — соответствующие виды документации, состоящие из чертежей, таблиц и текстовых документов. При этом практически на каждом этапе используются различные программные продукты, в рамках которых создаются те или иные электронные представления (проектные модели, математические модели для инженерных расчётов, сметные базы данных и т.п.), на основании которых автоматизированно (в той или иной степени) генерируются формы выходных документов.

Идея повторно использовать электронные представления, полученные на предыдущих этапах, довольно детально проработана в информационном моделировании при проектировании и строительстве зданий. В дорожной отрасли данный подход также является перспективным: передача информационных моделей наряду с документацией естественно укладывается в схему выполнения этапов разработки проектной и рабочей документации.

Информационное моделирование при проектировании стадии «П»

Проектная документация представляет собой материалы в текстовой форме и в виде чертежей (схем, карт), определяющие архитектурные, функционально-технологические, конструктивные и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции дорог.

Следует отметить, что истинной целью этапа проектирования является не разработка проектной документации, а создание проекта (он может быть представлен в виде проектной документации, а может быть представлен в виде информационной модели) автомобильной дороги с определёнными потребительскими

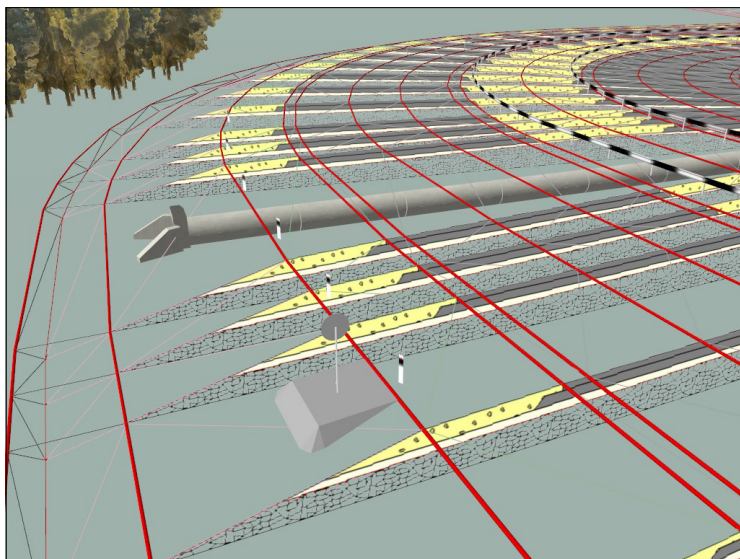


Рис. 2. Проектная модель дороги

свойствами (категория дороги, стоимость строительства и владения). В то же время существующая нормативная база сейчас пока предусматривает единственную форму результата этапа проектирования — проектную документацию стандартной формы.

Для разработки проекта заказчик обязан предоставить подрядчику-проектировщику:

- проект планировки территории и проект межевания территории;
- результаты инженерных изысканий (в случае, если они отсутствуют, договором должно быть предусмотрено задание на выполнение инженерных изысканий);
- технические условия на подключение объекта к сетям инженерно-технического обеспечения.

Проектная документация на автомобильные дороги стандартно состоит из 10 разделов:

Раздел 1. «Пояснительная записка».

Раздел 2. «Проект полосы отвода».

Раздел 3. «Технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения».

Раздел 4. «Здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта».

Раздел 5. «Проект организации строительства».

Раздел 6. «Проект организации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта».

Раздел 7. «Мероприятия по охране окружающей среды».

Раздел 8. «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности».

Раздел 9. «Смета на строительство».

Раздел 10. «Иная документация в случаях, предусмотренных Федеральными законами». Как правило, в данный раздел включаются мероприятия по обеспечению работы в режимах ГО и ЧС, мероприятия по противодействию терроризму и тому подобное.

С вопросами информационного моделирования связаны все разделы документации, кроме первого (пояснительной записки).

При разработке проектной документации используются следующие исходные данные:

- Материалы инженерных изысканий (ИИ). Здесь возможны 2 варианта: выполнение ИИ в рамках проектирования или получение готовых материалов ИИ как исходных данных для проектирования. В первом случае материалы ИИ должны сопровождаться информационной моделью, во втором материалы ИИ должны передаваться подрядчику проектирования (наряду с традиционной бумажной формой) в виде информационной модели.
- Материалы ТЭО, ОИ. Эти материалы целесообразно передавать подрядчику проектирования также в виде информационной модели уровня проработки УПМ 200 [5].

При разработке проектной документации рекомендуется придерживаться следующей последовательности шагов, обеспечивающей непротиворечивость выходной документации и параллельное создание пригодной для дальнейшего использования ИМД (рис. 2). В скобках приведены разделы проектной документации, в которые попадают формируемые на каждом шаге решения.

1. На основании базовой ЦММ и материалов ТЭО, представленных в виде концептуальной модели дороги, формируется сборная ИМД, которая будет в дальнейшем детализироваться.

2. В САПР на сборной ИМД выполняется уточнение трассировки дороги, съездов, пересечений и развязок в плане и профиле. Выполняется проектирование дорожной одежды. Промежуточное проектное решение в виде ИМД согласовывается с Заказчиком (раздел 3).

3. В САПР на сборной ИМД выполняется проектирование ВЗП, земполотна, средств водоотведения и уточняется положение искусственных сооружений. Выполняется проверка коллизий [6]. Промежуточное проектное решение в виде ИМД согласовывается с Заказчиком (раздел 3).

4. В ИМД с согласованной геометрией дороги и ИССО прорабатывается расположение таких элементов, как ПВП; автобусные остановки и карманы; АЗС, площадки отдыха и прочие объекты сервиса (как минимум, съезды к ним). Промежуточное проектное решение в виде ИМД согласовывается с Заказчиком (разделы 3, 4).

5. В ИМД с согласованной геометрией дороги, ИССО и пунктов сервиса моделируется расположение вспомогательных инженерных сооружений (снегозащитных сооружений, подстанций, водоочистных сооружений, зданий дорожной службы и т.п.). Формируется контур полосы отвода автомобильной дороги. Промежуточное проектное решение в виде ИМД согласовывается с Заказчиком (разделы 2–4, 7).

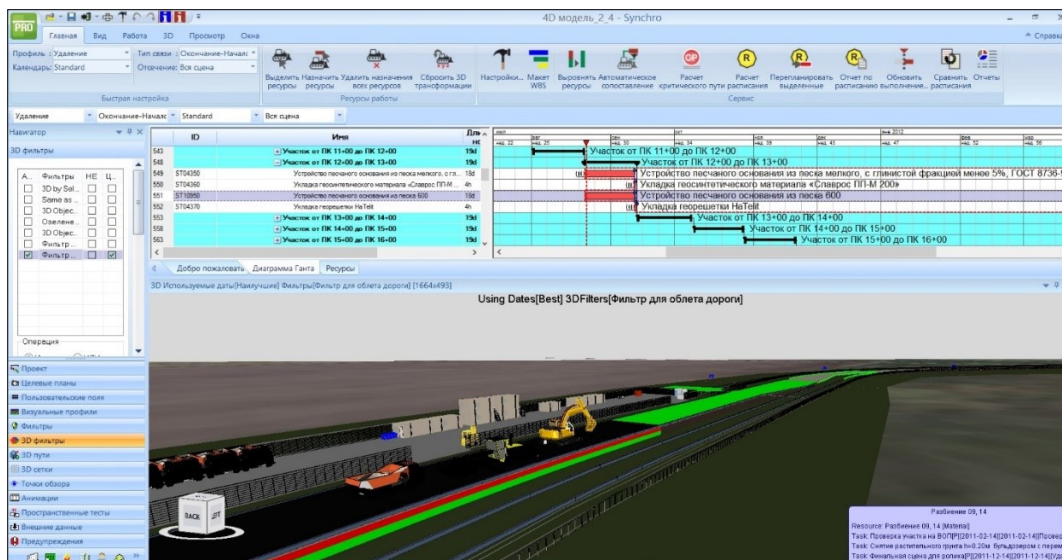


Рис. 3. Модель организации строительства

6. В согласованной ИМД выполняется проектирование средств организации движения, элементов ИТС, элементов безопасности. Промежуточное проектное решение согласовывается с Заказчиком (разделы 3, 8, 10).

7. С применением базовой ИМД и согласованной ИМД производится моделирование работ по ликвидации (рекультивации) существующих дорожных сооружений и/или раздела ПОС «Мероприятия по подготовке территории строительства» (включая перенос коммуникаций) (разделы 5, 6).

8. На основании согласованной ИМД формируются сметы на строительство и проекты организации строительства. Применение ИМД и современных средств 4D- и 5D-моделирования позволяет формировать сметы и ПОС не только на основании объёмов, но и на основании типовых технологических карт, привязанных к однородным участкам дороги в ИМД. Это позволяет повысить точность сметных расчётов, предварительного календарного планирования работ и более обоснованно устанавливать начальные цены при проведении торговых процедур на строительные работы (разделы 5, 9).

9. На основании сборной, комплексной ИМД формируются частные (презентационные) ИМД для проведения экспертизы (в согласованном формате и объёме) и для проведения общественных слушаний (дополнительно прорабатывается визуальная составляющая, архитектурный и ландшафтный контекст, не попадающий в объём основного моделирования). Основная ИМД заверяется электронной подписью и дублируется в архив.

После согласования проектной документации экспертизой и положительного решения общественных слушаний основная ИМД, заверенная проектировщиком, заверяется электронной подписью экспертизы и органов власти. ИМД стано-

вится частью окончательно сдаваемых Заказчику материалов и дублируется в архив.

Информационное моделирование при проектировании стадии «Р»

Этап разработки рабочей документации предшествует непосредственно строительству (реконструкции) автомобильных дорог и заключается в детализации отдельных позиций проектной документации. Рабочую документацию разрабатывают в соответствии с требованиями ГОСТ 21.101–2013 и другими взаимосвязанными стандартами Системы проектной документации для строительства (СПДС). Цель создания рабочего проекта — обеспечить процесс строительства максимально подробными сведениями по технологическим решениям. Также с развитием систем автоматизированного управления дорожными машинами (САУ ДСМ) параллельно создаются специализированные модели для САУ ДСМ [7].

Серьёзный эффект по снижению трудоёмкости разработки рабочей документации и моделей для САУ ДСМ достигается при применении технологии информационного моделирования и использования уже подготовленной на этапе разработки проектной документации информационной модели УПМ 300 или УПМ 350 [5].

В состав рабочей документации автомобильных дорог включают:

Раздел 1. Рабочие чертежи, предназначенные для производства строительных и монтажных работ (основной комплект рабочих чертежей марки АД). В составе:

- общие данные по рабочим чертежам;
- план автомобильной дороги;
- разбивочный план (при необходимости);
- сводный план инженерных сетей (при необходимости);

- план организации рельефа;
- план земляных масс (при необходимости);
- продольный профиль автомобильной дороги;
- продольные профили водоотводных и нагорных канав (при необходимости);
- поперечный профиль земляного полотна;
- поперечный профиль конструкции дорожной одежды;
- поперечные профили автомобильной дороги;
- схема расположения технических средств организации дорожного движения;
- план благоустройства дороги (при необходимости).

Раздел 2. Эскизные чертежи общих видов нетиповых изделий и устройств (при необходимости, согласно ГОСТ 21.114).

Раздел 3. Спецификация оборудования, изделий и материалов, выполняемая по ГОСТ 21.110. В составе:

- устройства дорожные:
 - изделия дорожной одежды,
 - изделия технических средств ОДД,
 - шумозащитные элементы и другие изделия,
 - материалы;
- устройства водоотводные, укрепительные и защитные:
 - изделия водоотводных сооружений,
 - трубопроводы дренажные,
 - изделия укрепления откосов,
 - снего- и пескозадерживающие элементы,
 - другие изделия,
 - материалы;
- элементы благоустройства:
 - озеленение,
 - малые архитектурные формы.

Раздел 4. Локальные сметы (при необходимости).

Планы организации рельефа и земляных масс выполняют для автомобильных дорог на застроенной территории (для автомобильных дорог на незастроенной территории — при необходимости).

План земляных масс разрабатывают для участков дорог, на которых не предусмотрено выполнение поперечных профилей земляного полотна.

Для участков автомобильных дорог, план организации рельефа которых не выполняют, разрабатывают, как

правило, продольные и поперечные профили земляного полотна этих участков.

При разработке рабочей документации рекомендуется придерживаться следующей последовательности шагов, обеспечивающих непротиворечивость промежуточных документов и параллельное создание пригодной для дальнейшего использования ИМД. В скобках приведены разделы рабочей документации, в которые попадают формируемые на каждом шаге решения.

1. На основании проектной ИМД и проектной документации, формируется рабочая ИМД, которая будет в дальнейшем детализироваться.

2. В САПР на основании рабочей ИМД автоматизировано формируется основной комплект чертежей (раздел 1).

3. В САПР в рабочей ИМД производится уточнение спецификаций оборудования, изделий и материалов с учётом местных ресурсов и поставщиков. На основании уточнённой ИМД автоматизировано формируются документы-спецификации (раздел 3).

4. В рамках ИМД выполняется моделирование нетиповых изделий и устройств (раздел 2).

5. На основании ИМД, в рамках которой сформирована модель ПОС, рекомендуется выполнить её уточнение и сформировать модель ППП с уточнёнными технологическими картами (рис. 3). На основании модели ППП сформировать уточнённые локальные сметы (раздел 4).

Таким образом, основной объём рабочей документации получается автоматизировано из модели, что позволяет сократить трудозатраты при разработке рабочей документации на простых проектах в разры.

Заключение

Таким образом, одним из направлений развития технологии информационного моделирования в дорожной отрасли должно стать совершенствование методологии применения моделей как для разработки формальных документов проектных стадий, так и для совершенствования процесса повторного использования моделей на последовательных стадиях проектной деятельности. Разработка проектной и рабочей документации не должна быть самоцелью. Целью стадии «П»

должна стать разработка модели, отражающей целевые свойства проектируемого объекта. Целью стадии «Р» должно стать автоматизированное формирование исходных данных для строительства (модели для САУ ДСМ, чертежи для неавтоматических операций) путём уточнения разработанной ранее модели. Ожидаемый экономический эффект, по аналогии с проектированием зданий, может стать даже большим: 30–40%, т.к. в отличие от зданий в большинстве дорожных проектов рабочая проектная модель незначительно детализирует исходную проектную модель. ■

Литература:

1. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 1,6–7. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.1.
2. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
3. Richards M. Building Information Management. A Standard Framework and Guide to BS 1192. BSI, 2010. 153 p.
4. Ныркин Н.А., Оснач Д.И. PLM-технологии — новые резервы в эру конкуренции // Rational Enterprise Management. 2006. № 2. С. 53–55.
5. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4.
6. Бойков В.Н., Мирза Н.С., Петренко Д.А., Скворцов А.В. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16.
7. Гулин В.Н. Цифровые модели для систем управления дорожно-строительными машинами // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 56–59. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.6.

Структура информационной модели автомобильной дороги на предпроектной стадии

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.4

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

Рассматривается структура информационной модели автомобильной дороги на этапах проектирования и строительства. Формирование общей структуры информационной модели автомобильной дороги позволит структурировать дальнейшие проработки для развития и внедрения концепции информационного моделирования. В общем виде информационная модель автомобильной дороги может состоять из основных моделей (предпроектная модель, проектная модель «П», проектная модель «Р», модель проекта в завершённом виде и эксплуатационная модель), базовых, специальных моделей и результирующих моделей (реальная модель, плановая модель, модель будущего, презентационная и строительная модели). Кроме этого, в статье представлена структура и последовательность работ при формировании предпроектной модели.

Общая структура информационной модели автомобильной дороги

На данном этапе развития информационного моделирования нет однозначного понимания, что такое информационная модель линейного объекта (ЛО). Структура информационной модели объекта капитального строительства (ОКС) концептуально сформирована, в настоящее время идёт развитие, углубление и наполнение сформированного понимания модели. Общая структура ОКС задаётся программными продуктами компании Autodesk, в том числе и при поддержке компании Bentley, которые значительно продвинулись в развитии и популяризации BIM-технологий и являются основными «законодателями» по данному направлению.

Значительное отличие ЛО от ОКС на всех стадиях жизненного цикла не позволяет, даже по аналогии, применять программные продукты и подходы, сформированные Autodesk и Bentley, к протяжённым объектам, в том числе и автомобильным дорогам.

Тем не менее, в сфере автодорожного строительства есть примеры состоявшегося подхода к информационному моделированию. Используя данные наработки, в частности стандарты дорожного управления Норвегии [1], попытаемся сформировать общую структуру информационной модели автомобильной дороги (ИМД) с учётом действующего на территории Российской Федерации порядка подготовки проектно-сметной документации, её структуры и требований к содержанию.

Термины, используемые для описания моделей ИМД, были взяты из стандартов дорожного управления Норвегии и адаптированы к российским реалиям.

С учётом Градостроительного кодекса РФ [2] и Постановления Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. N 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [3] ИМД должна состоять из 5 основных моделей, соответствующих основным этапам жизненного цикла автомобильной дороги.

Основные модели:

- предпроектная модель;

Структура информационной модели автомобильной дороги (в общем виде)

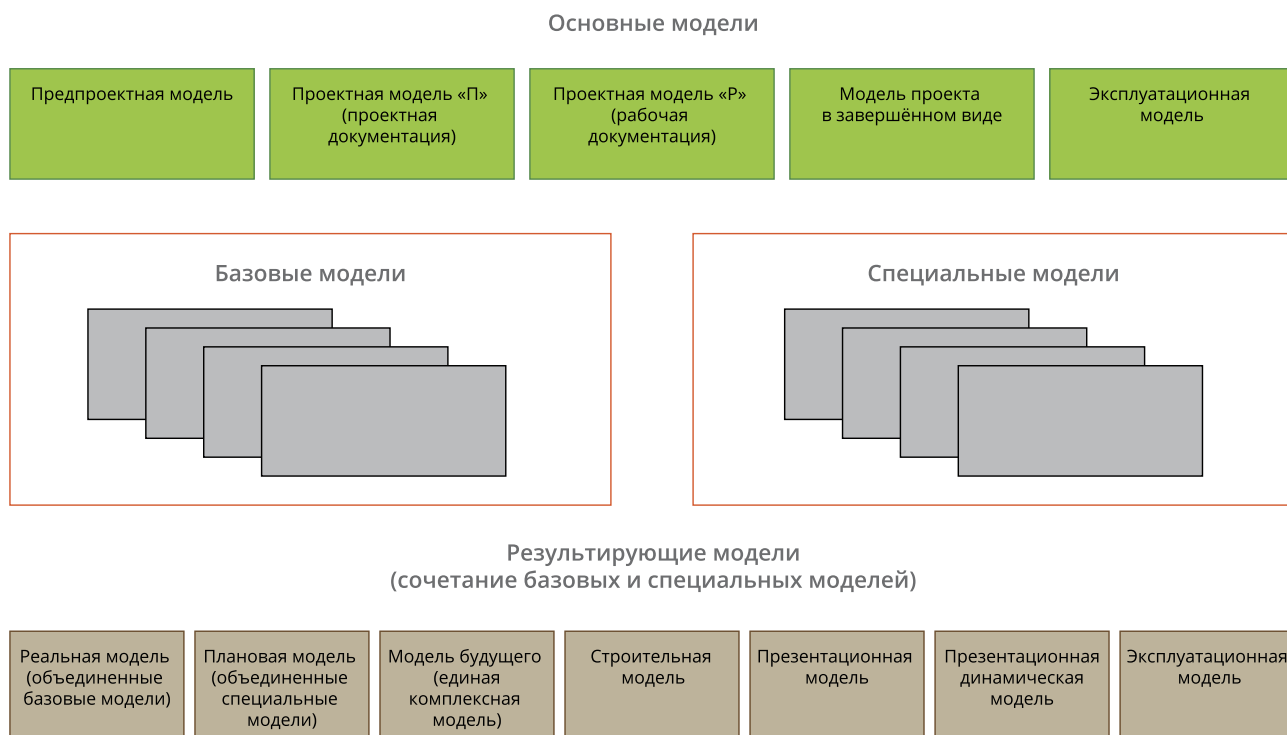


Рис. 1. Общая структура информационной модели автомобильной дороги

- проектная модель «П» (проектная документация);
- проектная модель «Р» (рабочая документация);
- модель проекта в завершённом виде (на основании исполнительной документации; соответствует проекту в том виде, в котором он был построен);
- эксплуатационная модель.

Общая структура ИМД представлена на рисунке 1.

В свою очередь, основные модели состоят из двух основных типов моделей:

- базовые модели;
- специализированные модели.

Различное сочетание базовых и специальных моделей может описывать различные ситуации в настоящем и будущем времени.

Базовые и специализированные модели для каждой из основных моделей могут отличаться с учётом их состава и детализации на каждом из этапов проектирования и жизненного цикла автомобильной дороги.

Модели различных типов также могут быть объединены в следующие **результатирующие модели**:

1. Реальная модель — совокупность базовых моделей, отражающая текущую ситуацию.

2. Плановая модель — совокупность специальных моделей, отражающая планируемую ситуацию.

3. Модель будущего (единая комплексная модель) — базовые и специальные модели, отражающие будущую ситуацию в определённый момент времени (этапы проектирования, окончание строительства).

4. Строительная модель — модель формируется на основании раздела проекта организации строительства и включает, в том числе, модель САУ ДСМ, которая представляет собой специализированную 3D-модель слоёв земляного полотна и дорожной одежды, предназначенную для систем автоматизированного управления дорожно-строительными машинами.

5. Презентационная модель — представляет собой обработанную модель будущего. Основная цель данной модели — представление проекта общественности и лицам, принимающим решение.

6. Презентационная динамическая модель — реалистичное представле-

ние ситуации в будущем (презентационная модель) с визуализацией движения транспортных средств.

7. Эксплуатационная модель — модель проекта в завершённом виде, дополненная и изменённая в процессе эксплуатации объекта.

Результирующими моделями будем называть отдельные модели общей ИМД, которые непосредственно используются заказчиком работ, подрядной компанией, осуществляющей строительно-монтажные работы и эксплуатирующей организацией в тех или иных целях.

Соотношение моделей различных типов

Модель 3 (модель будущего) является совокупностью моделей 1 (реальная модель) и 2 (плановая модель). Модель 5 (презентационная модель) является вариантом модели 3 (модель будущего), дополненной деталями, которые обеспечивают повышенную реалистичность представления. Модель 7 (модель проекта в завершённом виде) соответствует модели 3 (модель будущего), однако отражает согласованные изменения, внесённые на этапе стро-

Структура информационной модели автомобильной дороги для основной предпроектной модели



Рис. 2. Структура предпроектной модели

ительства и зафиксированные подрядчиком путём проведения соответствующих изменений. Модель проекта в завершённом виде в конечном счёте, является тем продуктом, который должен размещаться и храниться на информационных ресурсах (архивах) заказчика и передаваться подрядным организациям для реализации последующих функций.

Предпроектная модель. Последовательность и этапы её формирования

Как уже было отмечено выше, структура и наполнение базовых и специализированных моделей для каждой из стадий проектирования разная, поэтому рассмотрим, что имеется ввиду на конкретном примере предпроектной модели.

Общая структура предпроектной модели представлена на рисунке 2.

Как видно из рисунка, к базовым моделям на предпроектной стадии отнесены:

- Цифровая модель рельефа. В данном случае для этой стадии достаточно будет провести работы по воздушному лазерному ска-

нированию (ВЛС) с уточнением, проверкой имеющихся в наличии топографических планов, полученных из геодезического фонда органов архитектуры и градостроительства.

- Геологическая модель, которая также формируется с учётом имеющихся данных по геологической изученности. Геологические изыскания могут проводиться, но в гораздо меньшем объёме, чем на стадии «Проектная документация».
- Существующие объекты. В данной базовой модели формируются контуры зданий и сооружений, попадающих в зону размещения предполагаемого объекта. Кроме этого, в данной модели должны быть отражены существующие, как наземные, надземные, так и подземные инженерные коммуникации. Информация для наполнения данной модели может быть получена как из данных ВЛС, так и по данным, находящимся в органах архитектуры и градостроительства. В любом случае сопоставлением данных из этих

двух источников необходимо будет проводить инвентаризацию земельно-имущественного комплекса.

- Территориальные зоны. Данная базовая модель предусматривает обобщение градостроительной информации и данных планировки территории (границы муниципальных образований, границы населённых пунктов) с учётом существующих территориальных зон, сервитутов, границ зон с особыми условиями территории. К ним относятся: охранные зоны (водоохранные зоны, зоны санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, зоны охраняемых объектов, охраны объектов культурного наследия (памятников истории и культуры), санитарно-защитные зоны, зоны затопления, подтопления, иные зоны, устанавливаемые в соответствии с законодательством Российской Федерации: особо охраняемые природные территории, границы зон публичных сервитутов.

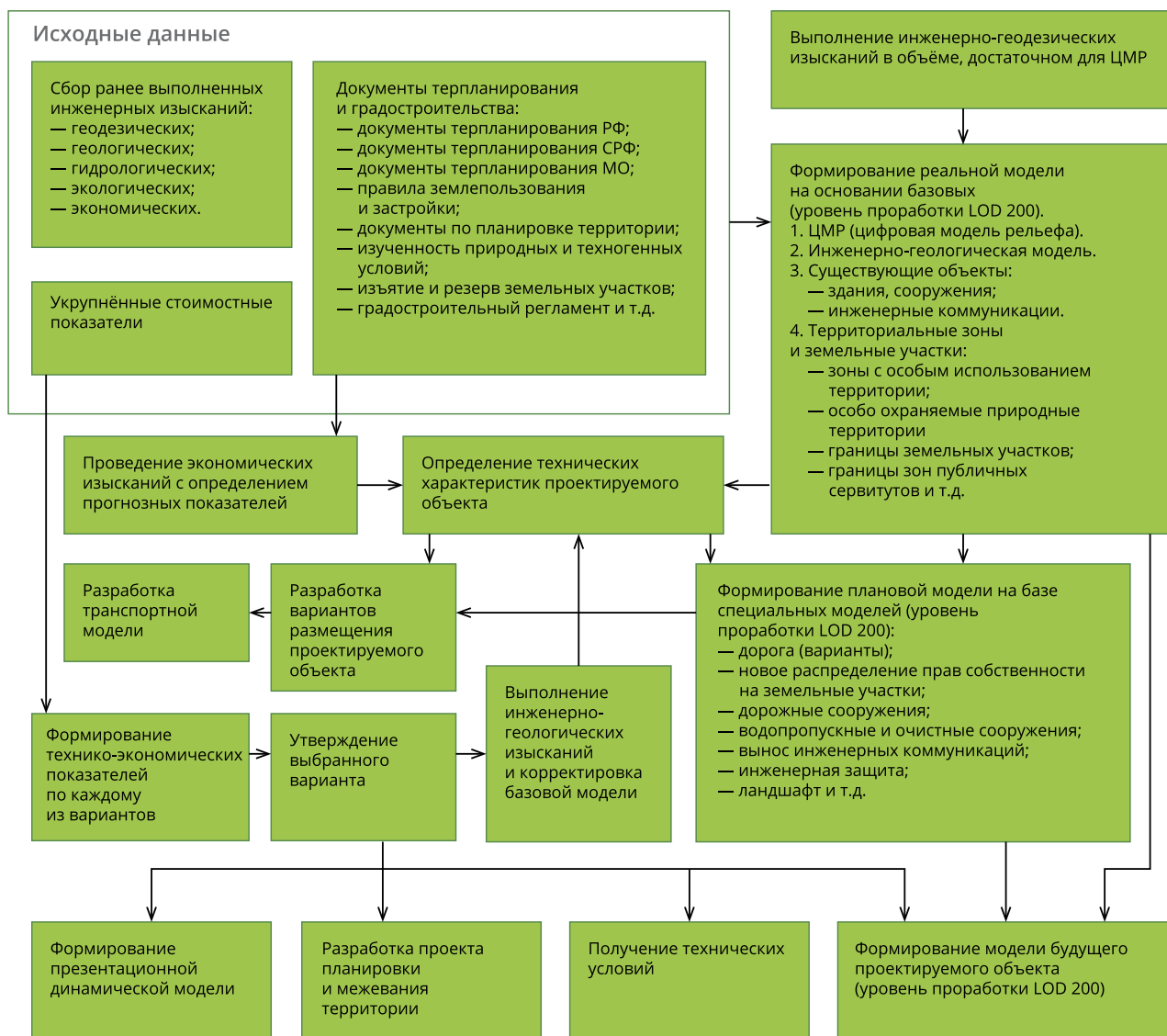


Рис. 3. Порядок подготовки предпроектной модели автомобильной дороги

- Земельные участки. В данной модели формируется кадастровая информация о земельных участках, попадающих в зону влияния проектируемой автомобильной дороги.

Специализированные модели. По своей структуре специализированные модели на стадии «Предпроектная проработка» соответствуют основной структуре проектной документации. Сюда относятся следующие модели:

- дорога;
- дорожные сооружения;
- дорожные знаки и разметка;
- вынос инженерных коммуникаций.

Другие специализированные модели формируются либо только на стадии «Предпроектная проработка», либо они представляют собой перегруппировку действующей в настоящее время структуры проектной документации, на них остановимся более подробно. К данной группе специализированных моделей относятся:

- Инженерная защита. Как правило, при производстве проектных работ данные мероприятия выделяются в отдельный раздел проектной документации ввиду необходимости проведения дополнительных расчётов. Аналогично предыдущей модели, элементы мероприятия по инженерной защите могут выходить за границы полосы отвода, поэтому защитные дорожные сооружения данного типа целесообразней выделить в отдельную модель.
- Водопропускные и очистные сооружения (в том числе водопровод, канализация). В данном случае водопропускные сооружения выделены в отдельную модель, хотя они относятся к искусственным дорожным сооружениям, ввиду того что при формировании данной модели необходимо указывать площадь водосбора. Поскольку площадь водосбора и территория для размещения

очистных сооружений могут выходить за границы полосы отвода автомобильной дороги, эти элементы автомобильной дороги целесообразней выделить в отдельную модель.

- **Ландшафт.** Данная модель формируется на основании данных ВЛС и представляет собой трёхмерную модель (рельеф, существующие здания, сооружения, насаждения, наземные и надземные инженерные и транспортные коммуникации), построенную по координатам точек лазерных отражений.
- **Новое распределение прав собственности на земельные участки.** Модель предусматривает использование информации из проекта планировки и межевания с установленными границами (в том числе координатами поворотных точек) новых земельных участков, необходимых для размещения объекта. Сюда необходимо отнести информацию о границах земель, резервируемых для размещения объекта, границы земельных участков постоянного и временного отвода, планируемое изменение границ существующих земельных участков, в связи с формированием участков для размещения объекта, также с указанием координат поворотных точек.
- **Границы зон с особыми условиями использования территории и воздействия на окружающую среду.** Данная специализированная модель также формируется по данным проекта планировки и представляет собой зоны, обеспечивающие безопасность населения и создания необходимых условий для эксплуатации автомобильной дороги (граница зон инженерных коммуникаций с указанием положения проектируемой инженерной инфраструктуры). Кроме этого, в данной модели необходимо формирование информации о границах полосы постоянного отвода, придорожной полосы, временного отвода и проекта планировки, границах негативного воздействия проектируемого объекта на окружающую среду и на жизнедеятельность населения. Границы зон воздействия на окружающую сре-

ду формируются на базе расчётов. В данной модели возможна визуализация различных расчётов в отношении окружающей среды (уровень шума, загрязнения и т.д.).

Различные модели предпроектной проработки, по аналогии с общей структурой ИМД, могут быть объединены в результирующие модели. Единственным отличием от общей структуры ИМД для предпроектной стадии, поскольку по результатам этого этапа может осуществляться поиск инвестора, является состав презентационной модели, которая может включать две составляющие: непосредственно презентационную модель и презентационную динамическую модель. Презентационная динамическая модель включает в себя презентационную модель и модель транспортного моделирования.

Подготовка предпроектной модели отличается от всех остальных составляющих ИМД не только степенью детализации изысканий и наличием двух составляющих в презентационной модели, она также отличается порядком разработки, исходно-разрешительной документацией и видами проводимых работ и изысканий.

На стадии «Предпроектная модель» разрабатывается ряд объектов и документов, свойственных только данному блоку ИМД. Порядок подготовки предпроектной модели представлен на рисунке 3, где указаны блоки — этапы выполнения работ с указанием в правом нижнем углу номера блока. Кроме этого, данный номер указывает на последовательность выполнения работ (параллельность их выполнения, в случае одинаковых номеров). Стрелками указаны связи и направления движения информации (документы, чертежи, материалы, модели) в процессе подготовки модели.

Результатом работ на стадии предпроектной проработки в том числе с предпроектной моделью может выступать следующая документация:

- 1) отчёты по инженерным изысканиям;
- 2) технико-экономические параметры планируемого для проектирования линейного объекта (дорожного сооружения);
- 3) транспортная модель;
- 4) проект планировки и межевания линейного объекта;

5) модель будущего проектируемого объекта;

6) реальная модель, включающая базовые модели текущего состояния;

7) плановая модель, включающая специализированные модели;

8) презентационная динамическая модель;

9) технические условия на подключение и пересечение инженерной и транспортной инфраструктуры;

10) иная документация, предусмотренная техническим заданием в зависимости от назначения и сложности проектируемого объекта.

При подготовке моделей различного типа и вида предусматривается уровень проработки, соответствующий LOD 200. Техническим заданием на подготовку предпроектной модели может быть предусмотрен более высокий уровень проработки информационных моделей.

Выводы

В статье рассмотрена общая структура информационной модели автомобильной дороги и предпроектной модели. Даны определения каждого из видов моделей для общей структуры и для предпроектной модели. Представлен порядок подготовки предпроектной модели автомобильной дороги. ■

Литература:

1. Принципы моделирования // Руководство. Требования к исходным данным и моделям. Справочник № 138. Управление по строительству и эксплуатации шоссейных дорог Норвегии (Дорожное управление).
2. Градостроительный Кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 22.10.2014) (с изм. и доп., вступ. в силу с 15.11.2014).
3. Постановление Правительства РФ от 16 февраля 2008 г. N 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» с использованием ГОСТ 2.301, ГОСТ 2.302, ГОСТ 2.303, ГОСТ 2.316, ГОСТ Р 52398, ГОСТ Р 52399, ГОСТ Р 52577, ГОСТ Р 54023.

Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.5

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

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

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

Приведены примеры апробации отдельных элементов информационного моделирования автомобильных дорог в составе отдельных проектов на разных стадиях жизненного цикла на примере деятельности Государственной компании «Российские автомобильные дороги». Представлены примеры применения технологий информационного моделирования на этапе технико-экономического обоснования при проектировании ремонта на основе данных мобильного лазерного сканирования. Представлен прототип геопортала, имеющего возможность работы с проектными данными и предоставляющего отдельные функции общей среды данных для взаимодействия заказчика с подрядчиком.

1. Введение

В последние годы в дорожной отрасли появилась новая технология информационного моделирования дорог (ИМД), претендующая стать единой концепцией, интегрирующей и усиливающей существующие программно-технические решения на всех этапах жизненного цикла автомобильной дороги от проектирования до строительства и эксплуатации [1–5].

Государственная компания «Автодор» одной из первых в нашей стране поняла потенциальные выгоды от внедрения технологий ИМД в своей работе [6–8]. Именно поэтому на 2014–2015 гг. она заказала своему дочернему предприятию ООО «Автодор-

Инжиниринг» научно-исследовательские работы по теме «Разработка рекомендаций по использованию инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог». Для выполнения работ была сформирована представительная рабочая группа специалистов из ведущих проектных и научных организаций, а также производителей программного обеспечения для дорожной отрасли. Кроме того, в качестве субподрядчика была привлечена компания «ИндорСофт» (г. Томск). В рамках этого научного исследования был проанализирован мировой (в первую очередь, опыт Великобритании,

США и Норвегии [9–14]) и отечественный опыт [15–23] в сфере ИМД и представлены рекомендации по последовательному внедрению ИМД в дорожную практику.

Однако никакие теоретические изыскания не заменят «проверки боем». В настоящей статье кратко представлены первые результаты апробации ИМД как в рамках пилотных проектов, так и проведенной в инициативном порядке.

2. Предпроектные работы

Одним из наиболее продуктивных проектов, с позиции информационного моделирования, явился проект «ТЭО на соединительную дорогу от



М-4 «Дон» к А-105, подъезд к аэропорту «Домодедово». Целью работы было: получить информационную модель дороги на стадии ТЭО для последующей передачи этой модели на стадию «П» и, как следствие, существенно сократить период времени на разработку проектной документации.

Генеральным подрядчиком выступила компания «Автодор-Инжиниринг», субподрядчиком по проектированию — ООО «Горкапстрой», субподрядчиком по инженерным изысканиям (аэрофотосъёмка, воздушное лазерное сканирование) — ООО «Научно-производственное аэрогеодезическое предприятие «Меридиан+».

Соединительная дорога расположена в зоне наибольшего сближения М-4 и А-105 и призвана обеспечить подъезд к аэропорту «Домодедово» с обеих магистралей, тем самым повышая надёжность транспортного сообщения с аэропортом (рис. 1).

В качестве базового программного обеспечения проекта была выбрана отечественная САПР «Топоматик Robur — Автомобильные дороги» (г. Санкт-Петербург). В качестве среды хранения, демонстрации и передачи информационной модели дороги (в том числе и на мобильные устройства) был апробирован программный продукт ESRI (США) — ArcGIS с модулем 3D Analyst, куда входят два специализированных приложения для 3D-отображения данных: ArcScene и ArcGlobe. Оба приложения позволяют управлять трёхмерными данными, проводить анализ в трёхмерном пространстве, редактировать 3D-объекты, создавать слои со свойствами отображения в 3D и создавать трёхмерные объекты из двумерных данных.

Состав слоёв информационной модели был определён следующий:

- растровая подложка (по материалам аэрофотосъёмки);
- цифровая модель рельефа (по материалам воздушного лазерного сканирования);
- поверхность дороги (земля);
- разметка;
- структурные линии;
- искусственные сооружения;
- пункты взимания платы;
- ограждения;
- километровые столбы;
- оси трассы;
- основной ход;



Рис. 1. Общая схема соединительной дороги М-4 и А-105 в районе аэропорта «Домодедово»

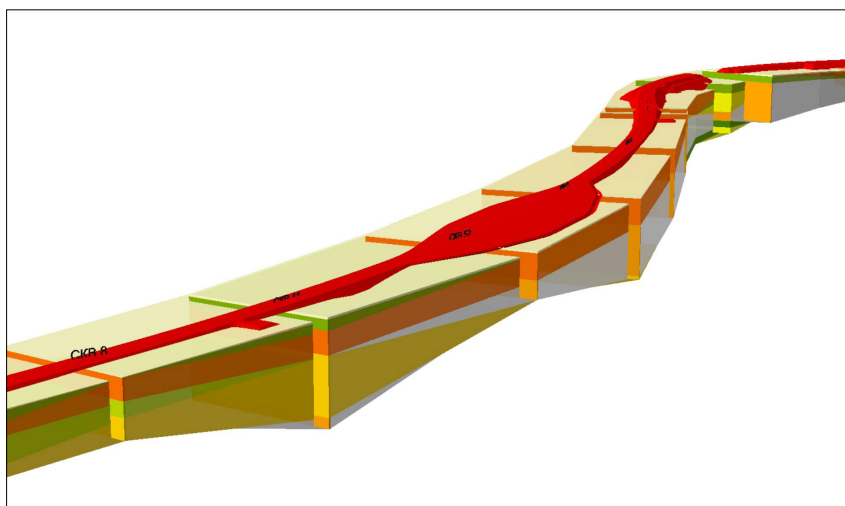


Рис. 2. 3D-модель геологического строения местности в полосе отвода автомобильной дороги

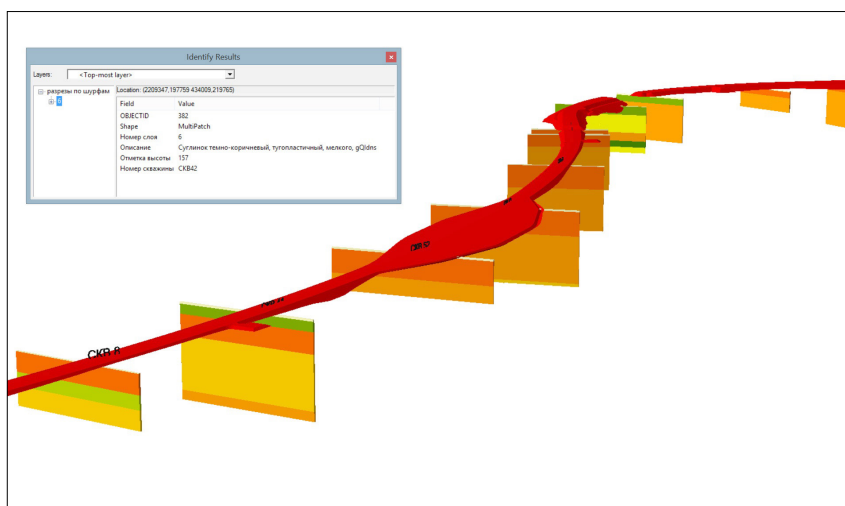


Рис. 3. 3D-модель дороги с поперечными профилями в местах расположения скважин

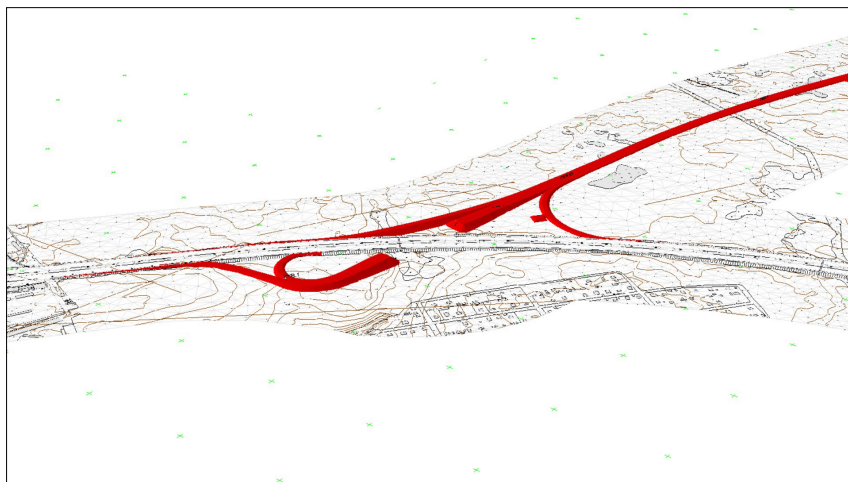


Рис. 4. 3D-отображение геодезических данных и модели дороги

- съезды;
- дорожные знаки;
- шумозащитные экраны;
- кадастровые данные;
- геология (колонки);
- геодезия;
- существующие дороги и развязки.

Впервые было апробировано отображение геологических данных в виде 3D-модели (рис. 2) и поперечных профилей в составе 3D-модели дороги (рис. 3), что существенно повысило наглядность отображения геологической информации в составе модели дороги.

Данные по инженерно-геодезическим изысканиям были подготовлены в составе триангуляционной модели с одновременным отображением горизонталей, кадастровых сведений и самой модели проектируемого объекта (рис. 4).

Впервые была апробирована на стадии ТЭО технология детальной 3D-проработки путепроводов и эстакад, включая пролёты, опоры и фундаменты (свайные ростверки) (рис. 5).

При разработке информационной модели дороги были использованы библиотеки типовых элементов:

- КЖ — конструкции железобетонные;
- КМ — конструкции металлические;
- модели дорожных знаков (включая стойки и фундаменты);
- ограждения;
- освещение.

Подготовленная документация ТЭО в составе чертежей, пояснительной записки и информационной модели дороги передана Заказчику для последующей её детализации на стадии «П» (проектная документация).

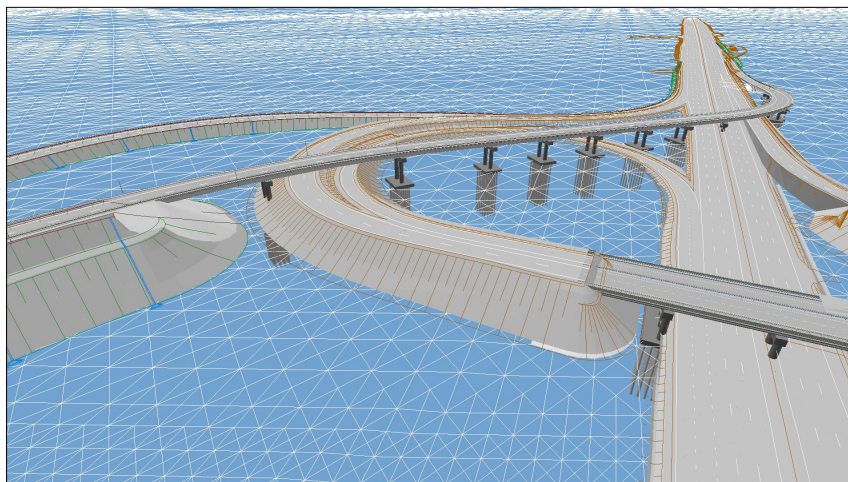


Рис. 5. 3D-отображение путепроводов и эстакад, включая подземную часть сооружений

3. Проектирование ремонтов

Ниже приведены сведения о проекте ремонта, также реализующем принципы информационного моделирования дорог: «Проект ремонта федеральной автомобильной дороги М-4 «Дон» от Москвы через Воронеж, Ростов-на-Дону, Краснодар до Новороссийска км 48+642 – км 52+000 в Московской области».

Генеральным подрядчиком выступила компания «Автодор-Инжиниринг», субподрядчиком по проектированию — ООО «Индор-Мост», субподрядчиком по инженерным изысканиям, выполнявшим мобильное лазерное сканирование (МЛС), — ООО «Геопроектизыскания».

Целесообразность применения технологии мобильного лазерного сканирования при выполнении проектов ремонта и капитального ремонта автомобильных дорог обусловлена, по крайней мере, двумя обстоятельствами [24]:

- плотность движения транспортных потоков на автомагистралях по соображениям безопасности исключает возможность геодезической съёмки проезжей части традиционными методами; альтернативой является технология мобильного лазерного сканирования, которая производится в составе движущегося транспортного потока и не требует никаких ограничительных мер по транспортному движению;
- плотность точек ЦМР, получаемых в процессе мобильного лазерного сканирования, отличается, по сравнению с традиционной геодезией, существенно более высокой плотностью, тем самым позволяя вырабатывать более точные и адекватные проектные решения.

В качестве базового программного обеспечения проекта была выбрана отечественная САПР IndorCAD/Road, имеющая ряд специализированных функций по работе с гигантскими облаками точек лазерного сканирования и инструменты для проектирования ремонтов [25, 26], в том числе специализированный модуль IndorCloud.

Съёмка поверхности автомобильной дороги выполнялась методом мобильного лазерного сканирования системой Riegl VMX-450 производства

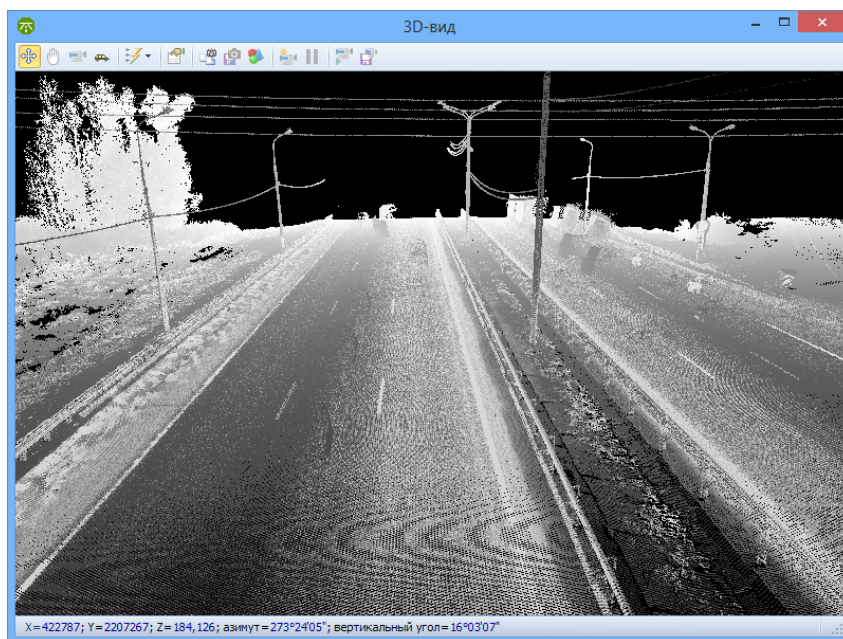


Рис. 6. Исходное облако точек МЛС в окне 3D-вида IndorCAD

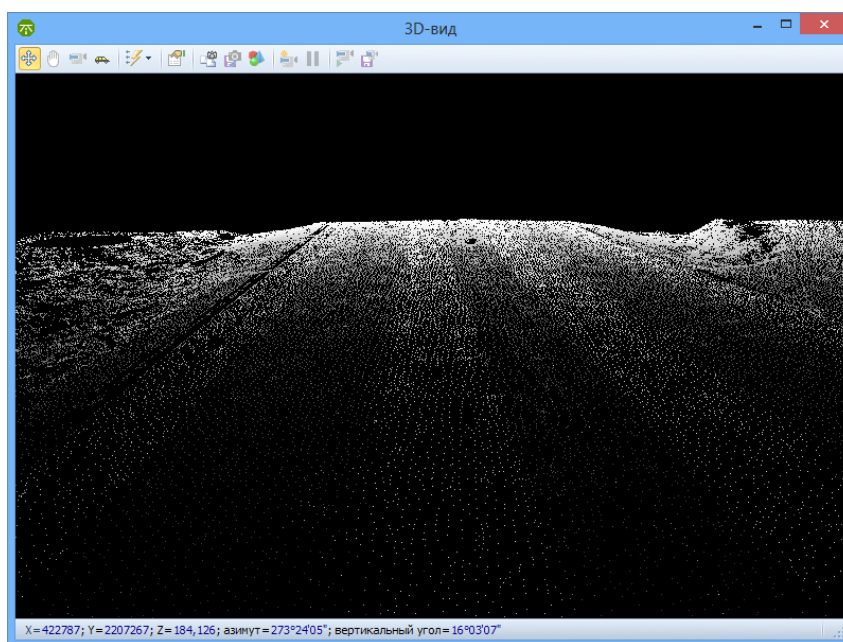


Рис. 7. Облако точек после редактирования в окне 3D-вида IndorCAD

...плотность точек ЦМР, получаемых в процессе мобильного лазерного сканирования, отличается, по сравнению с традиционной геодезией, существенно более высокой плотностью, тем самым позволяя вырабатывать более точные и адекватные проектные решения.

компании Riegl (Австрия). Для определения пространственного положения точек в системе координат проекта сканирующая система оборудована си-

стемой высокоточного позиционирования (СВП) фирмы Applanix (Канада), модель POS-LV 510. В основе принципа определения координат СВП ле-

жит совместная работа спутникового ГНСС-приёмника, установленного на базовой станции, и инерциального модуля (акселерометра и гироскопа). СВП производит определение координат и углов ориентации системы с частотой 200 Гц. Точность СВП во многом зависит от качества приёма ГНСС-сигнала.

Помимо лазерных сканеров, система оборудована 6 цифровыми камерами разрешением 5 мегапикселей. Фотокамеры установлены на одной платформе со сканирующей системой и откалиброваны. Камеры в автоматическом режиме с заданной частотой (до 5 кадров в секунду) производят съёмку. Это позволяет получать фотоснимки, совмещённые с точками лазерных отражений, что значительно упрощает дешифрирование объектов в точках.

При выполнении работ система была установлена на крыше автомобиля Volkswagen Amarok на специальном креплении. При съёмке было выполнено 4 проезда сканирующей системы, по левой и правой полосам движения в каждом из направлений. Сканирование производилось со средней скоростью движения 60 км/ч. Одновременно со сканированием выполнялась фотосъёмка объекта с использованием 6 фотокамер, установленных на одной платформе со сканирующей системой.

После выполнения полевой части работ по мобильному лазерному сканированию (МЛС) была выполнена предварительная обработка полученных данных:

- расчёт траектории мобильного лазерного сканирования;
- расчёт и вывод точек лазерного сканирования;
- конвертирование фотоснимков в формат JPG, расчёт данных для геопозиционирования снимков;
- взаимное уравнивание точек лазерного сканирования с разных проездов;
- уравнивание точек лазерного сканирования на опорные точки по высоте;
- экспорт точек лазерного сканирования в формат LAS в местной системе координат для дальнейшей камеральной обработки (рис. 6).

При последующей обработке осуществляется редактирование облака точек, в частности, исключение неин-

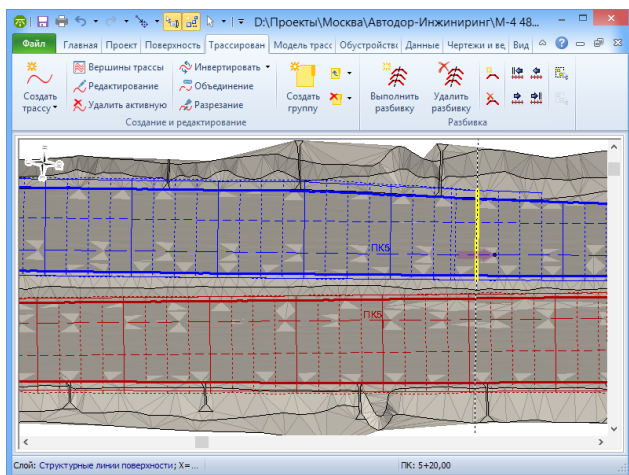


Рис. 8. Трассирование и формирование проектной поверхности в IndorCAD

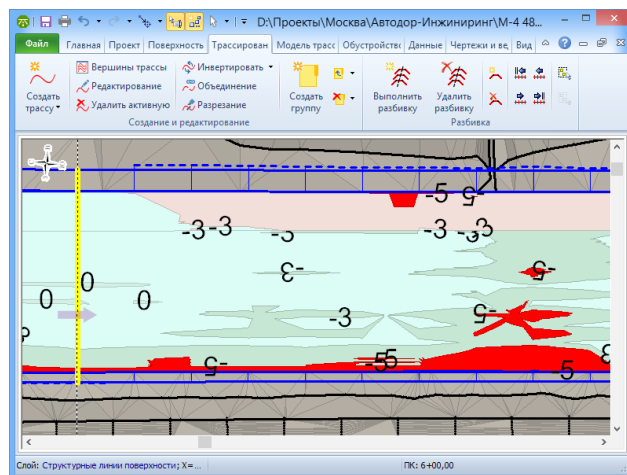


Рис. 9. Фрагмент картограммы фрезирования покрытия в IndorCAD

формативных точек и снижение общей размерности ЦМР (рис. 7).

Последующие процедуры трассирования и выравнивания проектной поверхности (рис. 8, 9) позволяют сформировать цифровые модели поверхностей фрезерования и выравнивающих слоёв покрытия для загрузки этих данных в системы автоматизированного управления дорожно-строительными машинами (САУ ДСМ) [27].

Практика проектирования ремонтов на основе данных МЛС показала высокую точность вырабатываемых проектных решений. Данная технология позволяет в будущем перейти к практике оптимизации проектных решений, исходя из норматива выделенных финансовых средств на ремонт и прогнозирования достигаемого при этом уровня ровности дорожного покрытия.

4. Передача данных по стадиям жизненного цикла

Одной из сложнейших задач, решаемых при информационном моделировании дорог, является выработка методических и технологических основ преобразования проектной модели (САПР-модели) в эксплуатационную модель (ГИС-модель) дороги [4]. Здесь возникает ряд подзадач, таких как: преобразование плоского координатного пространства этапа проектирования в глобальное (геоинформационное) координатное пространство этапа эксплуатации; изменение структуры модели (слоёв) в связи с различной природой поддерживающих их программных средств; настройка средств отображения и подгрузка информационной составляющей геопространственной базы данных.

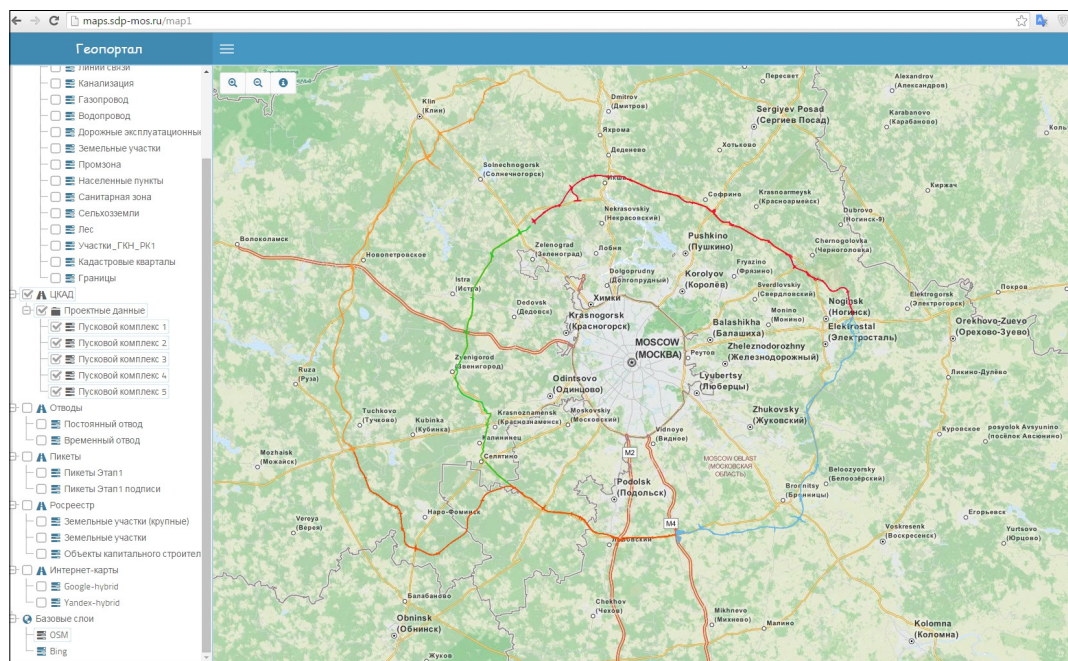


Рис. 10. Общий вид ЦАД на подложке «Яндекс.Карты»

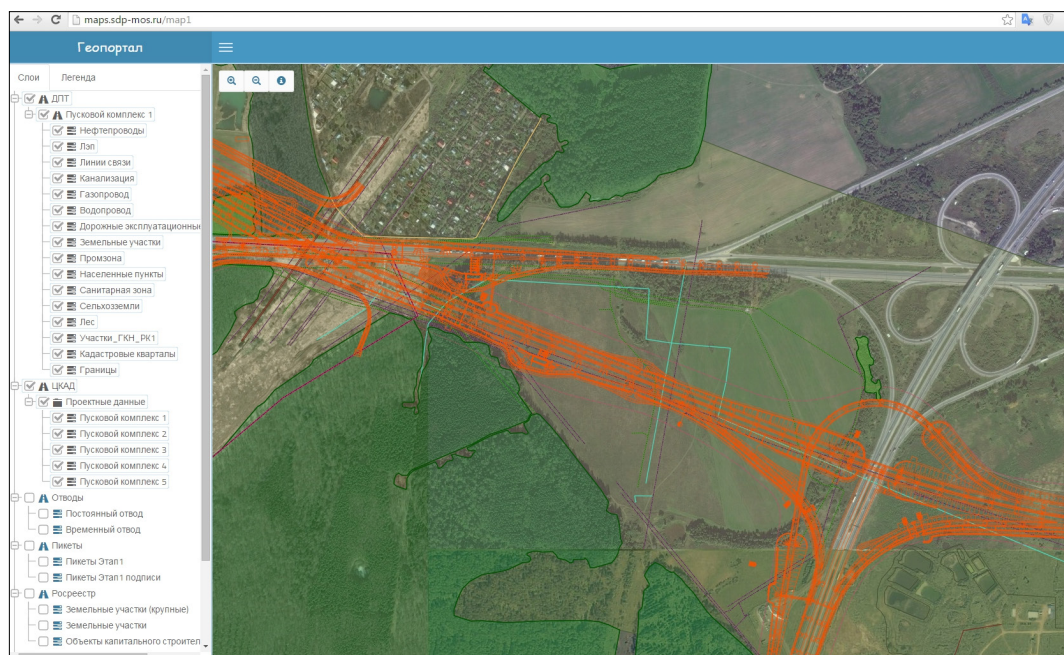


Рис. 11. Совмещение аэрофотоснимка существующей дороги с проектной моделью дороги

В рамках работ по текущей актуализации ГИС автомобильных дорог Государственной компании «Автодор» [8] в инициативном порядке были выполнены пробные работы по передаче проектной модели ЦКАД на уровень ГИС для решения последующих задач этапа эксплуатации (рис. 10).

Работа была выполнена компанией «Союздорпроект», которая являлась генеральным подрядчиком по разработке проектной документации по ЦКАД, а в настоящее время участвует в текущих работах по актуализации ГИС. Методическим консультантом по программным средствам и технологиям преобразования моделей выступила компания «ИндорСофт».

Предварительно был разработан прототип геопортала как единого хранилища пространственной информации, связанной с моделями, получаемыми на этапе разработки проектной документации.

Основными задачами, решаемыми геопорталом, могут стать [28, 29]:

- обмен пространственной информацией между головной организацией и субподрядными организациями и рядовыми сотрудниками;
- оперативный удалённый доступ к актуальной пространственной информации;
- наличие удобных средств отображения растровых и векторных данных (рис. 11);
- возможность использования при работе с пространственной информацией базового ГИС-инструментария (выполнение поисковых запросов, нахождение расстояний и площадей и др.).

Геопортал может содержать как модели проектной документации, так и модели проектов

планировки территории и межевания с данными по отводу земель (рис. 12).

Потенциальными пользователями данной информации в составе геопортала могут быть следующие подразделения Государственной компании «Автодор»:

- центр управления проектами;
- департамент проектирования, технической политики и инновационных технологий;
- департамент строительства;
- департамент земельно-имущественных отношений;
- департамент эксплуатации и безопасности дорожного движения;
- управление информационных технологий и интеллектуальных транспортных систем.

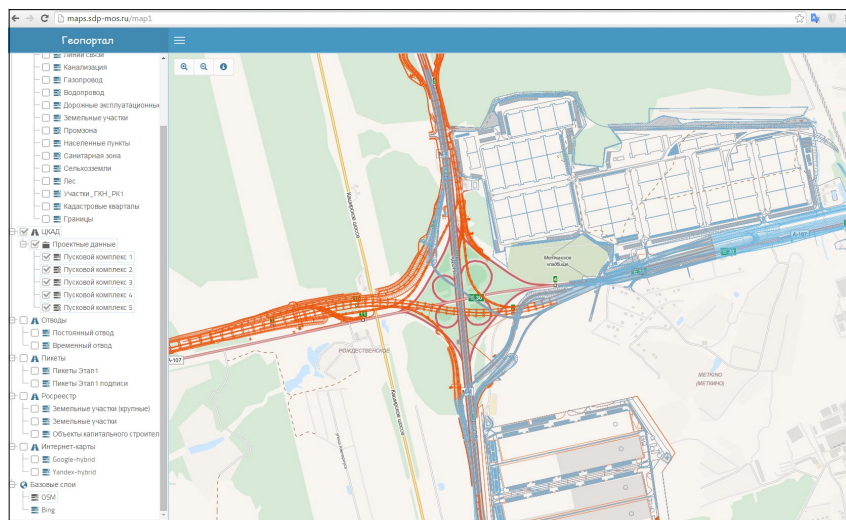
5. Заключение

Приведённые примеры апробации отдельных элементов информационного моделирования автомобильных дорог в составе отдельных проектов на разных стадиях жизненного цикла отражают лишь первые шаги по комплексному внедрению процессов ИМД в Государственной компании «Автодор», однако уже сейчас можно утверждать, что «первый блин не вышел комом». ■

Литература:

1. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 1,6–7. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.1.
2. Бойков В.Н., Поспелов П.И., Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. М.: Академия, 2015. 256 с.
3. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 6–9. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.1.

Рис. 12. Проект планировки территории, совмещённый с картографической подложкой



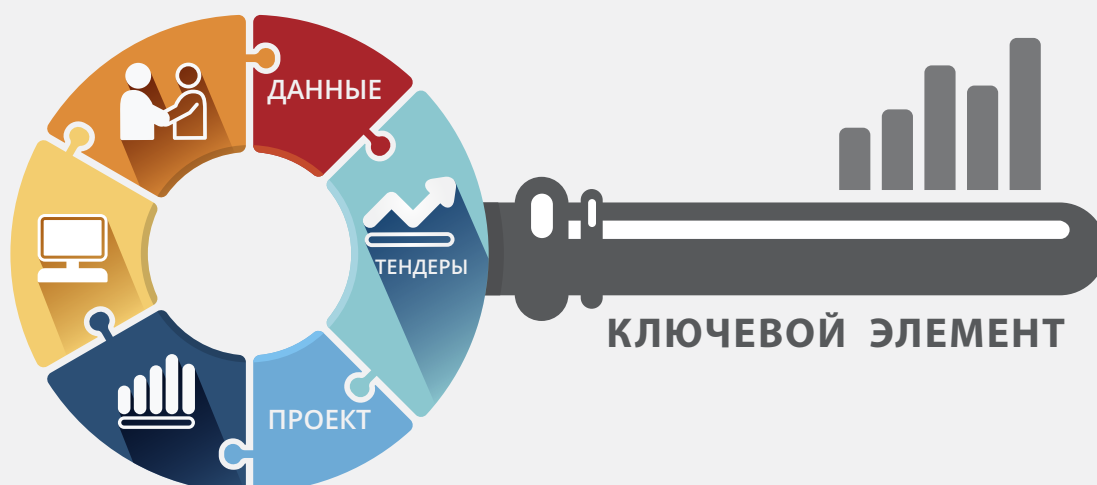
4. Сворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
5. Величко Г.В. Как развивать отечественные технологии информационного моделирования дорог? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 13–19. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.2.
6. Попов В.А., Бойков В.Н. Об информационных моделях дорог в технической политике Госкомпании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.2.
7. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.3.
8. Попов В.А., Пьянков С.П., Баранник С.В. Как работают геоинформационные системы // Автомобильные дороги. 2015. № 4(1001). С. 63–65.
9. PAS 1192-2:2013, incorporating corrigendum No.1. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. 2013. 68 p.
10. PAS 1192-3:2014, incorporating corrigendum No.1. Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling. BSI Standards, 2013. 44 p.
11. National Building Information Modeling Standard. Version 1. Part 1: Overview, Principles, and Methodology. National Institute of building sciences, 2007. 183 p.
12. HB V770 Modellgrunnlag. Krav til grunnlagsdata og modeller. 2014. 85 p.
13. Официальный сайт международной организации buildingSMART. URL: <http://www.buildingsmart.org> (дата обращения: 28.05.2015).
14. Официальный сайт международного консорциума Open Geospatial Consortium. URL: <http://www.ogc.org> (дата обращения: 22.06.2015).
15. Король М.Г. BIM: Информационное моделирование — цифровой век строительной отрасли // Стройметалл. 2014. № 39. С. 26–30.
16. Чешева В.И. BIM в дорожном проектировании // Автомобильные дороги. 2015. № 2(999). С. 89–93.
17. Морозова А.С. Autodesk о дорожном проектировании: проблемы и решения // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 63–66. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.10.
18. Сворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.
19. 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. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2.
20. Сворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
21. Сворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 22–32. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.4.
22. Сворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
23. Сарычев Д.С., Сворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4.
24. Мотуз В.О., Сарычев Д.С. Применение лазерного сканирования и 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 12–15. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.3.
25. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 10–17. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.2.
26. Медведев В.И., Сарычев Д.С., Сворцов А.В. Предварительная обработка данных мобильного лазерного сканирования в системе IndorCloud // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 67–74. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.11.
27. Гулин В.Н. Цифровые модели для систем управления дорожно-строительными машинами // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 56–59. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.6.
28. Дмитриенко В.Е., Сворцов А.В. Геопортал автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 42–46. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.9.
29. Дмитриенко В.Е. Геопорталы дорожных организаций в контексте мирового опыта // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 136–145. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.20.

Общая среда данных как ключевой элемент информационного моделирования автомобильных дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.6

Скворцов А.В., д.т.н., профессор, генеральный директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)
Бойков В.Н., д.т.н., профессор МАДГТУ (МАДИ), председатель совета директоров
группы компаний «Индор» (г. Москва)

Рассматривается среда общих данных (СОД) как ключевой элемент информационного моделирования автомобильных дорог. Раскрывается структура, назначение разделов СОД, схема применения. Даются рекомендации по разворачиванию СОД.



1. Введение

Одним из важных направлений эволюции систем автоматизированного проектирования (САПР) в своё время стало появление концепции коллективной работы. Для этого в сфере машиностроения ещё в 1970-х годах были разработаны необходимые стандартные форматы обмена данными, выработаны схемы именования файлов, разработаны регламенты обмена данными, моделями изделий и элементами проектов. В дальнейшем эти наработки были объединены под более общими концепциями PDM (англ. Product Data Management — система управления данными об изделии) и PLM (англ. Product Lifecycle Management — управление жизненным циклом продукции).

В области архитектурных САПР одним из первых стандартов, направленных на улучшение координации работы инженеров-проектировщиков, стал выпущенный в 1990 г. Американским институтом архитекторов (AIA) стандарт CAD Layer Guidelines. Основной целью CAD Layer Guidelines являлась выработка единых требований к именам слоёв чертежей, включающих раздел проекта (архитектура, геодезия, геология, электрика, сети связи и пр.), подраздел (архитектурное зонирование, интерьер, элементы и пр.) и статус (новая работа, задел на будущее, временная работа, вне контракта, нумерованные фазы и пр.). В 1997 г. этот стандарт стал частью общенационального американского стандарта NCS (United States National CAD Standard) и сейчас развивается уже под его эгидой: текущая — шестая — версия NCS выпущена в 2014 г. [1]. В свою очередь, NCS лёг в основу американского стандарта в сфере информационного моделирования NBIMS-US (United States National BIM Standard) [2].

Примерно в то же время, когда появился американский NBIMS, в Великобритании был разработан наиболее популярный сейчас в мире стандарт в сфере информационного моделирования BS 1192:2007 [3]. В нём был введён термин «среда общих данных» (СОД, англ. CDE — Common Data Environment), быстро вошедший в лексикон всех систем, поддерживающих концепцию Building Information Modeling (BIM) — инфор-



Рис. 1. Структура среды общих данных

мационного моделирования зданий [4].

В настоящей статье мы рассмотрим структуру и назначение разделов СОД, а также рассмотрим особенности её применения в дорожной отрасли.

2. Структура среды общих данных

В соответствии с [5, 6] (в авторском переводе на русский язык):

среда общих данных — это структурированное хранилище информационных моделей, обеспечивающее сбор, хранение и предоставление всех проектных и эксплуатационных материалов для всех участников технологических процессов и являющееся единственным достоверным источником данных.

Среда общих данных является главным источником достоверной и согласованной информации для всех участников процесса информационного моделирования в рамках одного (текущего) проекта или множества проектов, выполняемых на сети автомобильных дорог. Сразу оговоримся, что термин «проект» в информаци-

онном моделировании используется в управленческо-экономическом смысле. Это как давно привычные «проекты строительства дорог» или «проекты ремонта», так и проекты в рамках стадии эксплуатации, например управленческие проекты «выполнение работ по диагностике» и «содержание» [7]. В информационном моделировании такое обобщение позволило использовать единый набор терминов для обозначения многих схожих (в управленческом и информационном смысле) процессов на всех стадиях жизненного цикла.

Среда общих данных в первом приближении состоит из четырёх разделов, отличающихся уровнем готовности данных и регламентом доступа к ним: рабочего, общего, публичного и архивного (рис. 1). Рассмотрим их подробнее.

Рабочий раздел (раздел рабочих данных, англ. Work-in-progress, WIP) — область среды общих данных, пространство хранения текущих незавершённых моделей, над которыми осуществляется работа и которые ещё не достигли такого уровня проработки,

когда файлы могут быть открыты и использованы как результат проектирования или ссылка (задание) для других участников проекта.

Примерами рабочего раздела могут быть:

- локальный файл, который хранится на локальном диске пользователя, редактируемый перед отправкой или копированием на сервер;
- файл в специальном хранилище со статусом WIP, невидимый для остальных пользователей;
- центральный файл и локальные копии пользователей, совместно разрабатывающих модель одного раздела.

Общий раздел (раздел общих данных, англ. Shared) — область среды общих данных, в которой материалы участников проекта выкладываются в общий доступ для использования в виде задания или ссылки при разработке материалов смежных профессиональных дисциплин. Материалы различных дисциплин используются для координации проекта, а также для различных проверок и анализа. Исходные файлы, которые хранятся в этой области, не могут быть изменены после размещения в ней.

Отметим, что стандарт PAS 1192–3:2014 [6] для стадии эксплуатации в общем разделе также выделяет *субподрядный подраздел (клиентскую часть общего раздела, англ. Client shared)*, предназначенный для координации работ с субподрядчиками.

Примерами общего раздела могут быть:

- корпоративный портал, в который загружаются файлы всеми участниками проекта; после загрузки файлов их версия фиксируется;
- система электронного хранилища, в которой фиксируется версия загруженных файлов;
- корпоративный сервер, куда выкладываются материалы участников проекта ответственным лицом, у которого есть доступ на изменение файлов;
- облачное хранилище, куда выкладываются материалы участников проекта ответственным лицом, у которого есть доступ на изменение файлов с поддержкой синхронизации диска и локальной папки.

Публичный раздел (раздел опубликованных данных, раздел готовых данных, англ. Published) — область среды общих данных, в которой выкладываются готовые, согласованные между участниками проекта материалы по определённой стадии для передачи их вне команды, создающей информационные модели.

Главное отличие публичного раздела от общего заключается в том, что в общем разделе находятся материалы текущего жизненного состояния информационной модели. Появившись в виде общей концепции, модель начинает детализоваться, наполняться данными, регулярно «развиваться» в общем разделе. В публичном разделе

находятся «снимки» модели: модель + документация версии 01, 02 и т.д.

Примерами публичного раздела могут быть:

- корпоративный портал, в котором согласованные файлы чертежей и моделей копируются в отдельный раздел или фиксируется версия всех файлов, связанных с текущим состоянием модели;
- система электронного хранилища, в которой фиксируется версия загруженных файлов и данная версия закрепляется от удаления;
- корпоративный сервер, на который выкладываются материалы участников проекта ответственным лицом, у которого есть доступ на изменение файлов. Все материалы копируются из каталогов «Области общих данных» в соответствии с принятой структурой представления материалов (например, по разделам проектирования), со всеми моделями производится операция по их «упаковке» (например, функция «Комплект файлов» в AutoCAD) со всеми связанными файлами.

Архивный раздел (раздел архивных данных, архив, англ. Archive) — область, в которую переносятся данные из публичного раздела после их согласования, аннулирования и т.д. Для всех материалов архивного раздела доступ на редактирование закрыт. Корректировка материалов возможна только путём создания новой версии файлов на основе копии из архива.

3. Организация информационного обмена

Остановимся на вопросе физического размещения и владения средой общих данных. Дело в том, что разные разделы среды имеют разное значение для заказчика и подрядчиков, а потому нет смысла все разделы физически хранить в одном месте. При этом сразу заметим, что физическое размещение СОД по частям в разных местах не противоречит определению, в котором говорится о том, что СОД является единственным достоверным источником данных. Важно, чтобы отдельные разделы и части СОД целиком были представлены в одном месте.

Рабочий раздел совершенно не интересен не только заказчику и субподрядчикам, но даже и внутри подрядной (проектной или эксплуатирующей) организации с точки зрения междисциплинарного взаимодействия (между разными проектными группами). Его целесообразно разместить на серверах или персональных компьютерах подрядчика.

Общий раздел используется в основном для взаимодействия внутри подрядной организации. Его необходимо разместить на сервере внутри организации. В случае выполнения проекта совместно с субподрядчиками целесообразно организовать субподрядный подраздел в общем разделе в виде облачного хранилища (например,

«Яндекс.Диск», Google Диск, Dropbox, Microsoft OneDrive).

Публичный раздел обычно используется для координации работы проектировщиков с заказчиком и утверждения отдельных проектных решений. В связи с тем, что представители заказчика, в отличие от проектировщиков, зачастую не владеют всем арсеналом программных инструментов для проектирования, публичный раздел должен содержать не только исходные файлы и модели, но и их презентационные версии (например, в формате 3D PDF или DWF). В свою очередь, публичный раздел должен иметь упрощённый интерфейс для доступа к данным, например через среду «геопортала» [8, 9].

Архивный раздел представляет интерес и для заказчика как источника достоверной информации по выполненным ранее проектам, и для проектировщиков как бесценное хранилище накопленного опыта, элементы которого можно использовать в будущем. Именно поэтому заказчик должен иметь свой архив, а подрядчик — свой. Получаемая же в конкретном проекте информация должна дублироваться в архивах обеих организаций, при этом для обеспечения однозначности данных на стадии проектирования может использоваться только архив проектной организации с последующей передачей файлов заказчику после завершения контракта.

4. Форматы хранения данных

Несмотря на то что процесс организации труда внутри проектной организации регламентируется различными BIM-стандартами, заказчика не интересуют модели и форматы данных в первых двух разделах СОД (рабочем и общем). Заказчик работает только с третьим и четвёртым разделами.

С целью соблюдения равных прав игроков на рынке проектных услуг и недопущения создания конкурентных преимуществ для конкретных обладателей программно-технических технологий, все стандарты по информационному моделированию предполагают максимальное использование в третьем и четвёртом разделах публичных стандартов как на модели данных, так и на форматы обмена данными.

Для этого международная практика предполагает использование стандартов IFC (Industry Foundation Classes) для представления моделей проектируемых объектов [10, 11] и ограниченное применение ГИС-моделей для привязки зданий к местности [12, 13].

К сожалению, даже последняя официальная версия IFC 4x1, выпущенная в августе 2015 г., практически не предполагает наличия объектов, специфических для автомобильных дорог (исключением являются геодезические реперы и оси дорог). В перспективе же будущий стандарт IFC 5 должен обладать необходимыми средства-

ми моделирования. Поэтому на текущий момент в качестве публичных стандартов целесообразно использовать иные форматы и модели данных. Рассмотрим только некоторые модели и форматы обмена данными:

1. PDF. Данный формат данных целесообразно использовать для представления всей распечатываемой проектной (инженерной, рабочей) документации с использованием цифровой подписи сформированных файлов. Этот формат обладает возможностью встраивания полноценных 3D-моделей непосредственно в файл (называемый обычно 3D PDF) с возможностью полноценного просмотра моделей с помощью Adobe Reader.

2. LandXML и CityGML. Данные форматы в настоящее время являются частичной заменой перспективному стандарту IFC 5. Они позволяют геометрически точно представлять финальные проектные решения, в частности все проектные поверхности и структурные линии. Однако среди недостатков этих форматов имеется недостаточная параметризация геометрических моделей, привычная для дорожников, а также слабое атрибутивное описание, сдерживающее применение 4D- и 5D-информационного моделирования.

3. IFC 2x3. Данный формат, в настоящее время являющийся основным для обмена моделями данных о зданиях, целесообразно использовать только для представления информации о вспомогательных строениях на дороге, например, пунктах взимания платы, зданий дорожных обслуживающих организаций, объектах сервиса, постах ГИБДД и пр.

4. DWG. Данный формат, несмотря на то что изначально был закрытым форматом системы AutoCAD, сейчас имеет открытую версию, разрабатываемую международным консорциумом Open Design Alliance (www.opendesign.com) в составе 1300 компаний. Этот формат в настоящее время является стандартом де-факто для представления чертежей различного назначения. Помимо этого стандарта, существуют гораздо менее распространённые в России альтернативы, например формат DGN системы Bentley Microstation и RDW специализированной дорожной системы подготовки чертежей IndorDraw компании «ИндорСофт» (г. Томск). Представляется целесообразной финальная сдача проектной документации заказчику в двух форматах одновременно: PDF (с целью оперативного просмотра электронно-подписанных документов) и DWG (при необходимости корректировки проектных решений).

5. LAS. Данный формат является в настоящее время наиболее распространённым публичным форматом для обмена облаками трёхмерных точек. Этот формат разработан сообществом ASPRS (The Imaging & Geospatial information society). Последняя официальная версия формата LAS 1.4

Format Specification была выпущена в 2011 г. В настоящее время продолжаются работы над версией 2.0. Данный формат является наиболее предпочтительным для представления данных лазерного сканирования, всё шире используемого при выполнении проектов строительства и реконструкции (воздушное сканирование), а также ремонта и капитального ремонта (мобильное сканирование) автомобильных дорог.

5. Общая среда данных на стадии эксплуатации

В концепции BIM для зданий предполагается, что модель здания, однажды созданная, может быть использована в дальнейшем на всех стадиях жизненного цикла, в т.ч. на стадии эксплуатации. Как показали исследования в рамках создания перспективного стандарта IFC 5 (для инфраструктуры), такой подход не может быть автоматически распространён на большинство объектов инфраструктуры, в частности, на автомобильные дороги.

Дело в том, что на стадиях проектирования и строительства в дорожной отрасли используются САПР-модели, а на стадии эксплуатации — совершенно иные ГИС-модели. Это вызвано целым рядом факторов. Среди них можно отметить большую пространственную протяжённость дорог и необходимость работать в иных системах координат, нежели на стадии проектирования. Кроме того, в связи с существенным влиянием автомобильного движения и природных факторов на геометрию автомобильных дорог, её структурные элементы и транспортно-эксплуатационные характеристики, достаточно быстро возникает ситуация, когда проектное решение сильно отличается от реальной дороги. В такой ситуации пользоваться архивной моделью из среды общих данных уже становится невозможным. Общепринятая практика в таком случае заключается в преобразовании проектных САПР-моделей в ГИС-модели непосредственно перед передачей дороги в эксплуатацию. После этого основной постоянно обновляемой моделью становится не САПР-модель (как для зданий), а ГИС-модель. При этом исходная САПР-модель в виде совокупности разнородной документации должна остаться.

В концепции BIM такое преобразование в эксплуатационную модель также предусмотрено, но ему уделяется незначительное внимание. Отметим также, что в BIM модели стадии проектирования обычно называются PIM (англ. *Project Information Model* — проектная информационная модель), а на стадии эксплуатации — AIM (англ. *Asset Information Model* — эксплуатационная информационная модель). В дорожной отрасли этим терминам достаточно удачно соответствуют термины САПР-модели и ГИС-модели.

6. Заключение

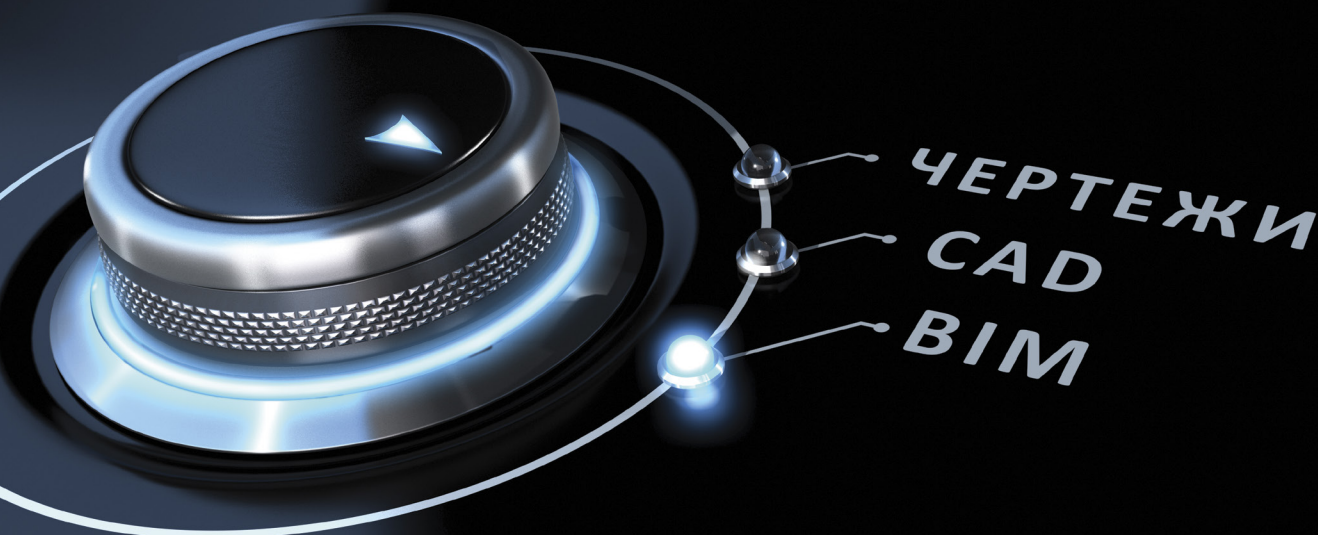
В данной статье мы коснулись только общих вопросов разворачивания среды общих данных в проектной организации и у заказчика. При этом за кадром остался такой важный момент, как система именования папок и отдельных файлов в этой среде. Дело в том, что в настоящее время ещё не разработано какой-то общепринятой системы кодирования. Стандарты в сфере BIM рекомендуют достаточно сложные и неочевидные схемы кодирования имён файлов (например, «SH-CA-00-LG1-CR-A-00001.dwg» в [5]), которые существенно расходятся с отечественной практикой проектирования автомобильных дорог. Одна из попыток упорядочения таких наработок изложена в работе [14]. ■

Литература:

1. US National CAD Standard. Version 3. Washington: National Institute of building sciences, 2014.
2. National Building Information Modeling Standard. Version 1. Part 1: Overview, Principles, and Methodology. National Institute of building sciences, 2007. 183 p.
3. BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information — Code of practice. 2007. 38 p.
4. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
5. PAS 1192–2:2013 (Incorporating Corrigendum No. 1). Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling, 2013. 68 p.
6. PAS 1192–3:2014 (Incorporating corrigendum No.1). Specification for information management for the operational phase of

assets using building information modelling. BSI Standards, 2013. 44 p.

7. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.
8. Дмитриенко В.Е., Скворцов А.В. Геопортал автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 42–46. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.9.
9. Дмитриенко В.Е. Геопорталы дорожных организаций в контексте мирового опыта // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 136–145. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.20.
10. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
11. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
12. Скворцов А.В., Поспелов П.И., Бойков В.Н., Крысин С.П. Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. VI. М.: ФГУП «Информавтодор», 2006. 372 с.
13. Скворцов А.В., Поспелов П.И., Котов А.А. Геоинформатика в дорожной отрасли. М.: МАДИ (ГТУ), 2005. 250 с.
14. Елугачёв П.А., Елугачёв М.А. Подготовка технического задания в концепции информационного моделирования дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 42–46. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.7.



Подготовка технического задания в концепции информационного моделирования дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.7

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)

Рассматривается проблема формирования технического задания к контрактам на проектирование работ на автомобильных дорогах. Предлагается типовая структура среды общих данных. Формулируются общие требования к информационным моделям автомобильных дорог с позиции инженера-дорожника.

Введение

Специалисты считают, что грамотное задание для проектирования — это более 50% успеха в решении задач, а время, затраченное на подготовку задания, — одно из лучших вложений в проект. Недаром его составление поручается ведущим специалистам — главным конструкторам, руководителям проектов и работ.

Техническое задание на проектирование автомобильной дороги является исходным документом, характеризующим основные параметры дороги, эксплуатационные характеристики, показатели качества и технико-экономические требования, предъявляемые заказчиком работ — организацией государственного подчинения или частного заказчи-

ка. Как правило, техническое задание является юридическим документом, дополняющим и уточняющим условия государственного контракта или договора на выполнение проектно-изыскательских работ, где указывается основная цель, задачи, ожидаемые результаты и сроки выполнения работ. Таким образом, техническое задание содержит объективные критерии, по которым в дальнейшем определяется соответствие разработанной проектной документации замыслу заказчика.

Существующее положение дел

Разработка технического задания на проектирование автомобильной дороги — это один из

наиболее ответственных этапов, который в значительной степени предопределяет эффективность разработки проекта.

При составлении задания указываются решающие требования:

- вид и комплекс работ (строительство, реконструкция, капитальный ремонт, ремонт) в зависимости от уровня содержания, состояния, накопленных деформаций, межремонтных и гарантийных сроков, технических характеристик планируемого объекта;
- требования к области разработки проектного решения, то есть назначение категории, типа покрытия, участка проложения трассы, конкретные технические характеристики и нагрузки объекта проектирования и др.

Приведённые выше требования к техническому заданию на проектирование формулируются при решении следующих вопросов:

1. Какой цели мы добиваемся при разработке проектной документации?
2. Какие обстоятельства, требования и ограничения должны учитываться?
3. Какая последовательность действий приводит к выполнению этих требований?
4. Когда и чем заканчивается разработка проектного решения?

В традиционном техническом задании на проектирование первые две задачи решаются данными, имеющимися у заказчика. Задачи 3 и 4 не определены по причине следующих нерешённых проблем в проектировании автомобильных дорог:

- Отсутствие нормативных требований для составления технических заданий, описывающих последовательность, параметры и сроки выполнения работ общего комплекса проектирования, отвода земель, согласований с заинтересованными организациями для автомобильных дорог. Эта проблема в дальнейшем приводит к не прогнозируемым срокам работ, отсутствию планирования, невозможности управления.
- Данные, получаемые заказчиком на основе традиционных технических заданий (отчёты по инженерным изысканиям, проектная и рабочая документация), превращаются в архивные, как правило, бумажные материалы, применя-

ющиеся единожды при строительном-монтажных работах.

- Отсутствие нормативных требований и общеотраслевых стандартов для инструментов управления проектами в стадии разработки и реализации, а в дальнейшем — эксплуатации объектов капитального строительства.

Главным документом при составлении технического задания у заказчика является «Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утверждённое Постановлением № 87 от 16.02.2008 [1]. Этот документ ограничивается общими фразами о разработке проектной документации на основе технического задания на проектирование, не регламентируя его наполнение, но чётко описывает состав документации, передаваемой на экспертизу. Заменяв СНиП 11–01–95, в котором был описан порядок составления технического задания и его основные положения, Постановлением, мы получили нормативный вакуум по наполнению задания на проектирование. Необходимо отметить, что данный документ распространяется только на объекты капитального строительства, подлежащие прохождению экспертизы. И поэтому техническое задание, например, на проектирование ремонтов дорог выпадает из области технического регулирования, а вид работ «проект ремонта» выполняется в ходе жизненного цикла автомобильной дороги [2]. Заказчик вынужден разрабатывать собственные требования к составу проекта, а значит — «изобретать» техническое задание, в котором данные могут быть представлены в недостаточном объёме, что вызывает неуверенность у всех участников работ, т.к. допускается различное толкование требований.

Такой подход не позволяет объективно оценить качество проработки проектной документации. Поэтому формулировки, такие как «протяжённость участка уточняется в ходе проектирования» или «количество труб определяется в ходе обследования», являются вынужденной мерой. При таком техническом задании проектировщик должен понимать, что заказчик может не иметь (или иметь частичные, разрозненные, не обобщённые) характеристики существующего объекта, планируемого к торгам, что не снимает с разработчика ответственность и не отменяет необходимость выполнения требований надзорных органов независимо от их наличия в техническом задании. Таким образом, не только заказчик, но и проектировщик становятся ответственными за постановку цели в рамках технического задания на проектирование. Часто заказчик привлекает подрядчика ещё до этапа торгов для его совместной проработки. И оба сталкиваются с проблемами:

- Отсутствие требований к формированию технического задания на проектирование в связи с отменой СНиП 11–01–95, в связи с чем по автомобильным дорогам нет данных о наполнении данного документа, и конечный результат не определён.
- Нет возможности внедрять и апробировать новые технологии в связи с отсутствием нормативной поддержки и неоднозначной оценкой новых технологий экспертами государственных экспертиз, которые основываются на личном опыте, зачастую устаревшем, подчас ошибочном, и поэтому конечный результат не определён.
- Постоянно меняющиеся требования к смежным вопросам технического задания на проектиро-

Любые лишние требования в техническом задании приводят к тому, что невозможно получить положительное заключение на разрабатываемый проект. По этой причине очень часто оно меняется на этапе экспертизы, что абсолютно недопустимо.

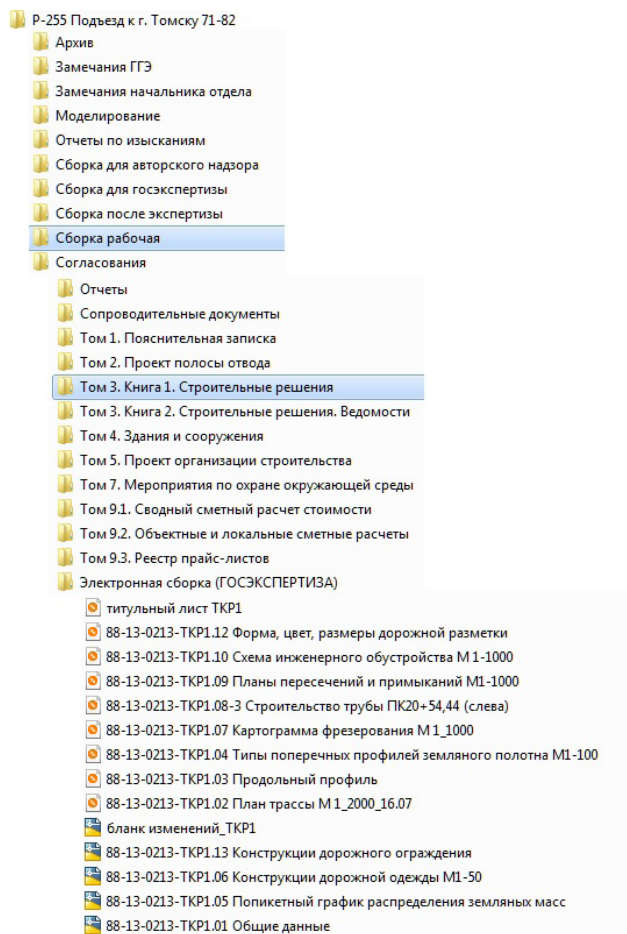


Рис. 1. Фрагмент каталога со статусом «сборка рабочая». Строительные решения, представленные набором рабочих файлов чертежей (названия условные)

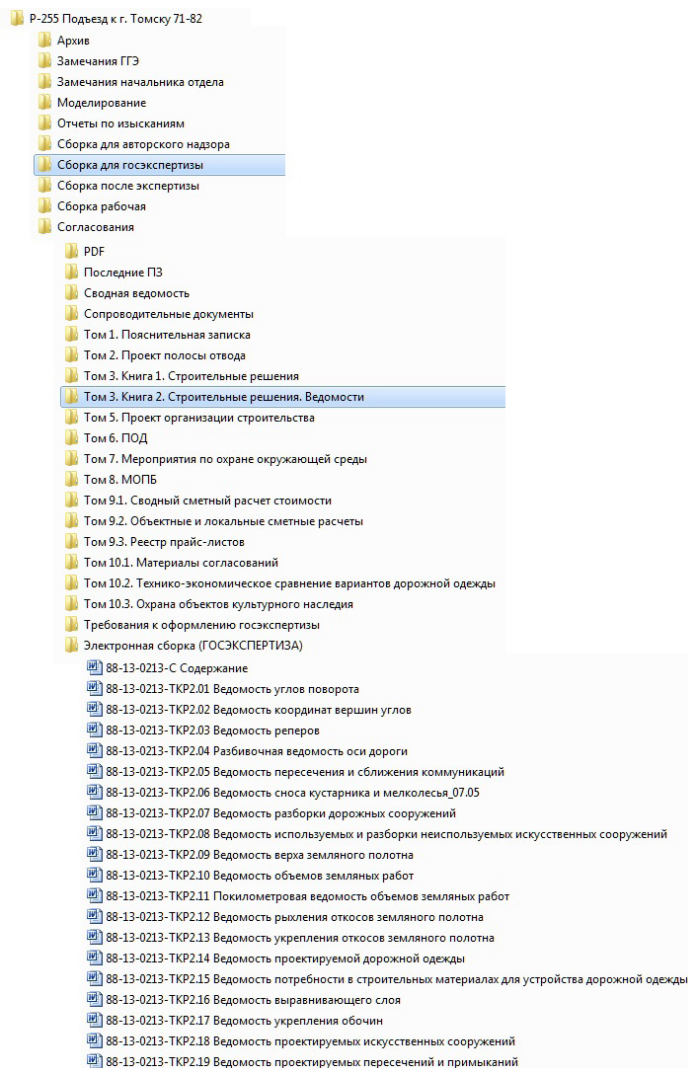


Рис. 2. Фрагмент каталога со статусом «сборка для экспертизы». Строительные решения, представленные ведомостями для проверки в экспертизе (названия условные)

вание (отсутствие правил сбора исходных данных, их количества и достаточности, регламента получения данных), значительно влияющие на сроки разработки проектной и рабочей документации. Поэтому, если задать вопрос проектировщику по срокам получения согласований, то он может ответить, что всё зависит от ведомства, которое выдаёт это согласование, и поэтому сроки не определены.

Любые лишние требования в техническом задании (как кажется экспертам) приводят к тому, что невозможно получить положительное заключение на разрабатываемый проект. По этой причине очень часто оно меняется на этапе экспертизы, что абсолютно недопустимо.

Традиционное техническое задание на проектирование состоит из пяти основных блоков:

- Исходно-разрешительная документация, на основании которой принимается решение о выполнении работ, включающая цели и задачи проектирования.
- Основные технико-экономические параметры объекта, назначаемые заказчиком на основе имеющейся у него информации о дороге, включающие геометрические параметры, протяжённость, нагрузки, нередко стоимость окончательного варианта автомобильной дороги.
- Объём и виды инженерных изысканий, необходимых для проектирования автомобильных дорог. При разработке этого блока, как правило, не учитывается наличие уже выполненных в предыдущие годы изысканий в связи с тем, что у заказчика обычно эти данные уже отсутствуют (уничтожены).

Считается, что документация устаревает через 5 лет и, как правило, её уничтожают из-за ограниченных возможностей хранения — просто не хватает места для хранения. А ведь при наличии уже существующей дороги изыскания выполнялись, и, возможно, не раз. В 2013–2015 годах компанией «Индор-Мост» было выполнено проектирование более 400 км территориальных и федеральных автомобильных дорог в системе автоматизированного проектирования IndorCAD, и для всех была создана информационная модель [3]. Большая часть дорог, для которых выполнено моделирование, находится в ведении ФКУ «УПРДОР «Алтай». С этой точки зрения Алтайский край может стать одним из регионов, где возможно проведение пилотного проекта по формированию моделей для BIM [4].

- Дополнительные требования к проектной документации заказчика, включающие требования по технологии выполнения работ и используемым программам.
- Требования к сдаче проектной документации, в основном предполагающие передачу заказчику выполненных работ на бумажном носителе и в электронном виде, например, редактируемом формате PDF, Microsoft Word/Excel, DWG и др.

Что получает при таком содержании технического задания заказчик? Он получает набор таблиц и плоских чертежей, хоть и в электронном виде. Хорошо это или плохо? Наверное, плохо, потому что эти таблицы в дальнейшем не участвуют в жизненном цикле, а происходит постоянная их замена.

Рекомендации к составлению технического задания для пилотного проектирования

В связи с интенсивным развитием экономики растёт объём и сокращается срок проектирования дорог, растёт количество хранимой информации по изысканиям и проектированию. И если ранее при «векторном» проектировании хранимая информация ограничивалась количеством бумажных версий в электронном виде, то сейчас расширился формат данных, появились файлы панорамного видео, облака точек лазерного сканирования, пространственные библиотечные элементы, обладающие атрибутивной информацией, пространственные проектные поверхности и их версии, которые в целом являются данными цифровой модели проекта, и эту информацию нужно научиться использовать [5].

Мы считаем, что без особого внимания заказчика к этому процессу, без специальных требований к информационной модели и среде общих данных (нормативно закреплённых) невозможно перейти на новый виток развития систем автоматизированного проектирования в концепции

BIM или такой переход будет несовершенен и запутан [6].

Для такого рывка в развитии прежде всего должны быть разработаны общепромышленные стандарты на использование информационной модели [7] и среды общих данных (СОД) проектных организаций [8]. На сегодняшний день каждая проектная организация в России в зависимости от крупности и эффективности производственных процессов либо использует собственные разработки (собственные информационные модели и собственную среду общих данных) в этой области, либо не использует их вовсе.

С одной стороны, каждая организация создаёт авторский продукт, не похожий на другие, индивидуально для своего заказчика, с другой — на это тратится очень много времени, а также возникает ряд проблем совместной работы, когда технология, опыт и привычки одной организации начинают взаимодействовать с другой организацией. Поэтому организации в проектом консорциуме не могут и не знают, как встроиться в процесс «субподряда», затрудняя управление проектом генподрядной организации, срывая сроки и неточно выполняя необходимую работу.

Компания «Индор-Мост» имеет многолетний опыт работы в качестве генпроектировщика и субпроектировщика, и за это время выработала собственную оптимальную (с точки зрения управления) среду общих данных, которая, по нашему мнению, может стать прототипом для отраслевых стандартов. Данная СОД тиражировалась при выполнении инженерных изысканий и проектировании строительства, реконструкции, капитального ремонта и ремонта территориальных и федеральных автомобильных дорог в Центральном, Сибирском, Дальневосточном федеральных округах.

Как правило, данные СОД хранятся на облачном сервисе, удобном для Заказчика, например, Яндекс.Диск или любом другом ресурсе. Главный инженер проекта формирует на выбранном ресурсе каталог, в который загружаются те или иные фрагменты модели автомобильной дороги по мере их готовности. Каталог может иметь статус — «сборка рабочая», «сборка для экспертизы», «сборка после экспертизы», «сборка для авторского надзора» и т.д. (рис. 1, 2).

Состав и наполнение такого каталога и его статусов, как правило, разрабатываются главным инженером проекта и согласовываются с заказчиком. Процесс согласования СОД проходит достаточно долго, так как требуется фактически согласовать хранение каждого файла, а таких файлов могут быть тысячи, в зависимости от масштаба проекта. Мы считаем, что целесообразно вносить требования по форме СОД в техническое задание на изыскания и проектирование, а также указывать формат файла или группу параметров для элемента модели. С одной стороны, это трудоёмкий процесс, но создав и утвердив удобную

СОД, заказчик сможет её использовать как шаблон в задании, а в дальнейшем, если она будет удобной, сделать её отраслевым правилом.

В качестве удачного примера шаблона можно привести Государственный контракт на выполнение работ по диагностике и оценке технического состояния искусственных сооружений на автомобильных дорогах федерального значения, выполненный ООО «Индор-Мост» в 2012–2015 годах. В задании на эти виды работ имеется Приложение № 2, в котором приводится перечень и требования к данным по трубам, подлежащие внесению в базу данных АБДМ (автоматизированный банк данных мостов) [9]. Фактически строго задаётся формат данных модели, и при необходимости чертежей и текстовых документов в электронном виде, то есть что, где и в каком формате должно храниться в базе данных.

Использование среды общих данных позволит упорядочить работу с файлами. Однако сами файлы в настоящее время имеют совершенно различный формат, порой не совместимый друг с другом. В идеальном случае для реализации BIM-технологии помогло бы приведение отечественных САПР к единому формату данных, что возможно при совместной работе и заинтересованности всех участников рынка.

Заключение

Независимо от формата данных можно сформулировать общие требования к информационной модели дорог, которые уже сегодня способны поддерживать ведущие отечественные САПР:

1. Моделирование всех объектов должно проводиться в соответствии с их истинными размерами в масштабе 1:1 в метрической системе измерений. И такая возможность имеется у всех отечественных разработчиков САПР. Техническая возможность современных компьютеров, быстрые и эффективные алгоритмы позволяют детально прорабатывать элементы информационной модели.

2. Все элементы информационной модели должны быть классифицированы по типам и категориям объектов на основе библиотечных элементов, что позволит оценивать их объём и стоимость.

3. Элементы модели должны содержать атрибутивную информацию.

4. Элементы модели должны быть распределены по видам и этапам работ (подготовительные работы, земляное полотно, дорожная одежда).

5. Все конструктивные элементы должны иметь графическое и (или) цветовое выделение.

Прогресс, наблюдающийся в последние годы в развитии САПР, позволяет с уверенностью констатировать движение CAD-технологии к BIM-технологии. Мы думаем, что серьёзным толчком к пониманию функции информационной модели при проектировании может стать пилотный

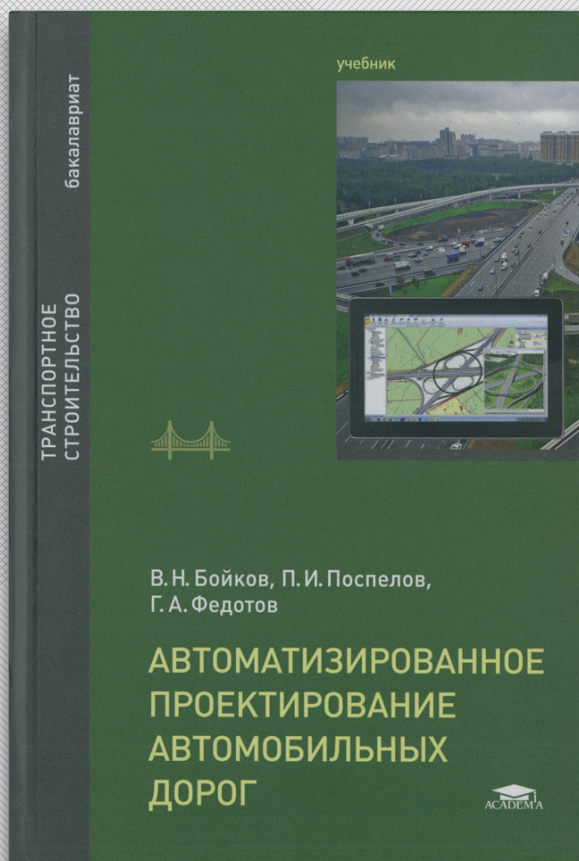
проект [10], а его результаты могут лечь в основу отраслевых норм. ■

Литература:

1. Постановление от 16 февраля 2008 г. № 87. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию.
2. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.
3. Петренко Д.А., Субботин С.А. BIM-решения «ИндорСофт» для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 100–107. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.15.
4. Долинский Я.А., Елугачёв П.А. Предпосылки зарождения BIM в ФКУ Упрдор «Алтай» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 43–45. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.7.
5. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4.
6. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
7. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
8. Скворцов А.В. Общая среда данных как ключевой элемент информационного моделирования автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 37–41. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.6.
9. Рыбалов Ю.В. Автоматизированная информационно-аналитическая система по искусственным сооружениям на автомобильных дорогах // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 126–135. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.19.
10. Бойков В.Н., Неретин А.А., Скворцов А.В. Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.5.

Что делает студента
умным?

Правильный учебник



Издательский центр «Академия» выпустил в свет учебник для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Строительство» (профиль подготовки «Автомобильные дороги»). Учебник «Автоматизированное проектирование автомобильных дорог» вышел под редакцией В.Н. Бойкова, профессора МАДИ и руководителя группы компаний «Индор». Купить учебник можно на сайте издательства и в компании «ИндорСофт».

Кроме Владимира Николаевича Бойкова, над учебником работали профессора, доктора технических наук и академики РАТ, заслуженные деятели науки РФ П.И. Поспелов и Г.А. Федотов.

Практические примеры теоретических основ проектирования выполнены в таких системах проектирования, как IndorCAD, CREDO, «Топоматик Robur» и AutoCAD Civil 3D.

Студенты узнают о видах и средствах изысканий при проектировании автомобильных дорог, научатся строить цифровые модели местности на основе триангуляции, освоят методы и алгоритмы автоматизированного проектирования

дорог при их строительстве, реконструкции и ремонте. Отдельные главы учебника освещают процедуры обработки ЦММ, проектирования плана трассы, продольного и поперечных профилей, дорожной одежды, искусственных сооружений, инженерного обустройства, расчёта объёмов дорожных одежд, оценки проектных решений и формирования проектной документации.

Также в учебнике можно найти интересные факты из истории развития систем автоматизированного проектирования (САПР) автомобильных дорог. Так, например, первые отечественные работы по автоматизированному проектированию продольного профиля появились уже в 60-х годах прошлого века. Компьютеры СМ-1420, на которых создавались прообразы будущих САПР автомобильных дорог, имели встроенную оперативную память ёмкостью всего 248 килобайт. А первая САПР на базе ЕС ЭВМ-1022 была запущена в 1982 г. в проектно-институте «Союздорпроект» Минстроя СССР.

Современные САПР автомобильных дорог позволяют выработать основные проектные решения по дороге и подготовить соответствующую табличную и чертёжную документацию. Однако, как бы далеко ни ушло в своём развитии программное обеспечение по проектированию дорог, роль инженера-проектировщика остаётся заглавной. Во многом именно от его знаний теоретических основ проектирования и владения компьютерными инструментами выработки оптимальных проектных решений зависит качество наших дорог.

Обеспечение единого координатного пространства: привязка к государственной системе высот

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.8

Гулин В.Н., директор по технологиям ООО «ИндорСофт» (г. Томск)
Миронов С.А., технический директор ООО «Индор-Центр» (г. Москва)

Предлагаются пути решения задачи достижения точности определения высотной компоненты пунктов ведомственной опорной геодезической сети (ВОГС) на уровне 10 мм в Балтийской системе высот 1977 года. Основное внимание уделено аспектам, связанным с привязкой пунктов ВОГС к Балтийской системе высот 1977 года с помощью измерений посредством глобальных навигационных спутниковых систем.

Данная публикация является продолжением темы формирования единого координатного пространства на объектах дорожной отрасли, затронутой в предыдущем номере журнала «САПР и ГИС автомобильных дорог» [1]. Поскольку авторами была анонсирована задача достижения точности определения высотной компоненты пунктов ведомственной опорной геодезической сети (ВОГС) на уровне 10 мм в Балтийской системе высот 1977 года, требуется дополнительное освещение предполагаемых путей решения этой задачи. Основное внимание ниже уделено аспектам, связанным с привязкой пунктов ВОГС к Балтийской системе высот 1977 года с помощью ГНСС-измерений.

Текущее состояние дел с государственной высотной основой РФ

Процесс создания государственной нивелирной сети Российской Федерации был начат более 140 лет назад, но наиболее активное развитие государственной высотной основы (ГВО) приходится на период существования СССР [2, 3]. В это время были утверждены нормативы требуемой плотности пунктов высотного обоснования, которая достигалась сочетанием нивелирных сетей различных классов. Линии нивелирования I и II классов располагались вдоль автомобильных и железных дорог по причинам более вероятной сохранности реперов в ведомственных

полосах отвода земель, а также технологического удобства прокладки высокоточных нивелирных ходов вдоль существующих или строящихся магистралей вместо неосвоенных территорий или сельскохозяйственных земель.

Размещение высотных реперов I и II классов вблизи автомобильных и железных дорог выполняло ещё и функцию удовлетворения спроса на эти данные при проектировании развития магистралей и их эксплуатации. Плотность обеспечения линейных объектов реперами нивелирования I и II классов составила в среднем не менее чем 1 репер на 5 км. Для объектов, размещаемых вне линий I и II классов и приуроченных к главным транспортным магистралям, использовались заполняющие построения сетей сгущения III и IV классов, приуроченных, как правило, к текущим потребностям развития территорий и не имевшим такой упорядоченности и регулярности, как пункты опорной сети I и II классов.

Следует также отметить ещё один примечательный факт отечественной системы развития отрасли геодезии и картографии. Задачи планового и высотного обеспечения решались различными подразделениями ГУГК, в результате чего мы теперь имеем государственную геодезическую сеть (ГГС) с точными плановыми координатами, но зачастую без высотных отметок, и отдельно нивелирную сеть с высотными реперами, не имеющими точных значений плановых координат.



Обеспечение текущей потребности экономики страны высотной основой в результате ограничилось ответственностью государства за ГВО в пределах работ по нивелированию I и II классов. Каталоги пунктов ГВО сегодня уже поступили на предприятия ОАО «Роскартография» в виде ГИС и СУБД. В современных каталогах ГВО каждому реперу нивелирных сетей присвоены абсолютные величины погрешностей определения высот, которые получены при уравнивании всей сети ГВО страны.

Во второй половине прошлого века для выполнения совместного уравнивания всех пунктов ГТС потребовалась привязка пунктов планового

Теперь рассмотрим более подробно процесс выбора класса пункта исходной основы и средств передачи высотной отметки. Поскольку передача отметки от исходного пункта к определяемым реперам стущения классическим методом нивелирования зависит от длины хода, то достижение планируемой абсолютной точности в 1 см от реперов I и II классов ограничено предельной длиной хода. В соответствии с [4] имеются следующие требования к точности результатов нивелирования (таблица 1).

Следует отметить, что программа нивелирования I класса относится к прерогативе государственных основных работ и благодаря своей

Таблица 1. Требования к точности результатов нивелирования

Класс нивелирования	Средняя квадратическая ошибка		Допустимые невязки в полигонах и по линиям f , мм
	случайная η , мм/км	систематическая σ , мм/км	
I	0,8	0,08	3 мм \sqrt{L}^*
II	2,0	0,20	5 мм \sqrt{L}
III	5,0	-	10 мм \sqrt{L}
IV	10**	-	20 мм \sqrt{L}

обоснования также по высоте. В сетях низших классов и разрядной полигонометрии плановые и высотные определения обычно выполнялись совместно. Потому сеть муниципальных и ведомственных видов стущения сегодня, как правило, имеет более высокие показатели абсолютной точности, чем классные пункты ГТС.

Высотные отметки ГТС не были её главным приоритетом, потому они определялись наиболее бюджетными методами. В основном это были нивелирные работы IV (реже III) класса, а порой применялся метод тригонометрического нивелирования, имеющий достаточно низкую точность. Однако полученные результаты позволяли редуцировать плоские прямоугольные координаты на референц-эллипсоид, в чём и состояла основная цель работ.

В каталогах СК и МСК разных эпох и редакций в фондах ещё можно встретить пометки о методах определения высот на пунктах ГТС. Их различают на полученные геометрическим нивелированием и иные. Потому можно сделать следующий вывод о достаточности существующей основы ГТС в качестве высотной основы будущего развития дорожной отрасли:

Пункты ГТС, имеющие отметки высот из геометрического нивелирования без указания их абсолютной точности как пунктов высотной основы, можно принимать в работу с доверительной оценкой их погрешности в 10–30 см. Для обеспечения точности высотного обоснования на уровне 1 см требуются исходные пункты нивелирной сети более высоких классов.

трудоемкости имеет производительность не более 5 км в неделю, поэтому мы не будем её рассматривать в данной работе. Программа наблюдений III класса даёт точность передачи отметки в 1 см уже через километр хода, в то время как программа II класса допускает длину хода до 4 км для той же точности, в связи с чем можно сделать следующий вывод:

Без создания дополнительных специальных построений нивелирной сети стущения (полигонов) определения отметок реперов с абсолютной точностью не грубее 1 см можно достичь нивелированием по программе II класса при максимальном удалении определяемых реперов от исходных на расстояние не более 4 км.

Если использовать в качестве основного метода измерения высот метод геометрического нивелирования, нам потребуется достаточно высокая плотность пунктов ГВО. Дополнительно мы остановимся на этом вопросе в последующих разделах, а сейчас рассмотрим более подробно возможности спутниковых технологий в плане решения задачи высокоточной передачи высотных отметок.

Применение ГНСС для высотных определений

Сигналы глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) давно и успешно используются для выполнения высокоточных определений разностей высотных отметок (превышений) между пунктами, в том числе разнесёнными на большие расстояния. В качестве иллюстрации

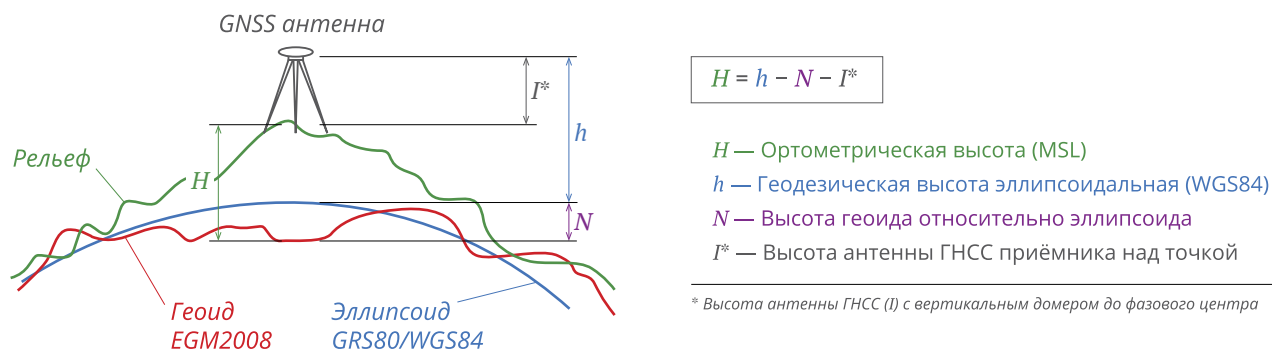


Рис. 1. Получение ортометрических высот ГНСС-методом с использованием модели геоида EGM2008

этого тезиса можно обратиться к материалам, опубликованным на сайте университета г. Берна, Швейцария [5]. Там приведены результаты анализа многолетних ГНСС-наблюдений, выполненных на представительной выборке пунктов, расположенных на разных материках. Расстояние между пунктами наблюдений достигает нескольких тысяч километров. Приведённые в работе данные наглядно иллюстрируют тот факт, что абсолютные изменения высот пунктов на разных континентах не превосходят по амплитуде 10 мм за период с 2003 по 2007 годы. Это свидетельствует о том, что современные методы ГНСС-измерений способны обеспечить определение высотной компоненты на уровне первых миллиметров. Однако необходимо сделать одну очень существенную оговорку — речь здесь идёт об эллипсоидальных высотах. В этом заключена ключевая разница между результатами высотных определений, получаемыми из ГНСС-измерений и из геометрического нивелирования. Поясним подробнее, о чём идёт речь.

В результате выполнения геометрического нивелирования определяются высоты точек относительно геоида (ортометрические высоты) или квазигеоида (нормальные высоты). Понятие квазигеоида было предложено в 1950-х годах русским учёным М.С. Молоденским в качестве вспомогательной поверхности, строго определяемой по результатам измерений (астрономо-гравиметрическое нивелирование). Поверхность квазигеоида совпадает с поверхностью геоида на территории Мирового океана и несколько отличается от неё на территории суши. Балтийская система высот 1977 года представляет собой именно систему нормальных высот. В качестве общемировой системы отсчёта высот используется поверхность общемирового геоида (EGM2008), и здесь речь идёт об ортометрических высотах. На равнинных территориях суши (при высотах над уровнем моря до 1500 м) разница между ортометрическими и нормальными высотами выражается в миллиметрах, тогда как в горной местности она может достигать метров.

Далее при описании связи между ГНСС-измерениями и геометрическим нивелирова-

нием мы будем оперировать понятием ортометрических высот (высот над поверхностью общемирового геоида). Там, где пойдёт речь о привязке к Балтийской системе (нормальных) высот 1977 года, будут приведены соответствующие пояснения.

На рисунке 1 проиллюстрирована взаимосвязь между эллипсоидальными и ортометрическими высотами.

В результате ГНСС-измерений, в отличие от геометрического нивелирования, получают не отметки высот, а значения декартовых трёхмерных координат в геоцентрической системе XYZ. Приведение их к формату геодезических координат BLN (широта, долгота, эллипсоидальная высота) происходит с использованием стандартных формул, приведённых в [6].

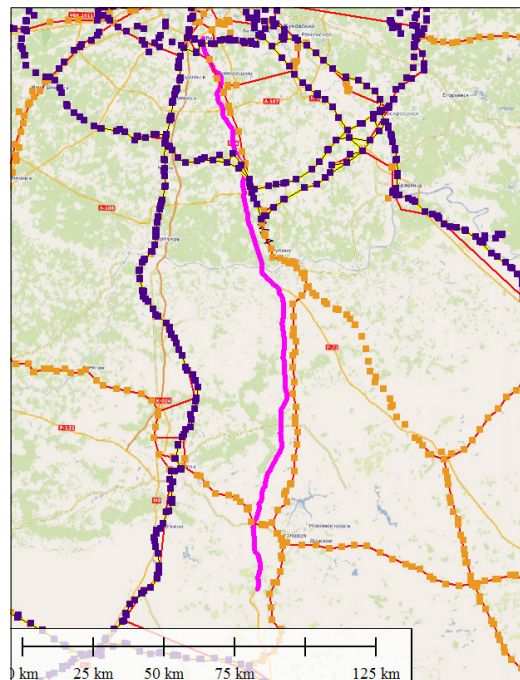


Рис. 2. Реперы ГВО I и II класса в районе работ (синим цветом показаны реперы I класса, оранжевым цветом — реперы II класса, пурпурным цветом выделен участок работ на трассе М-4)

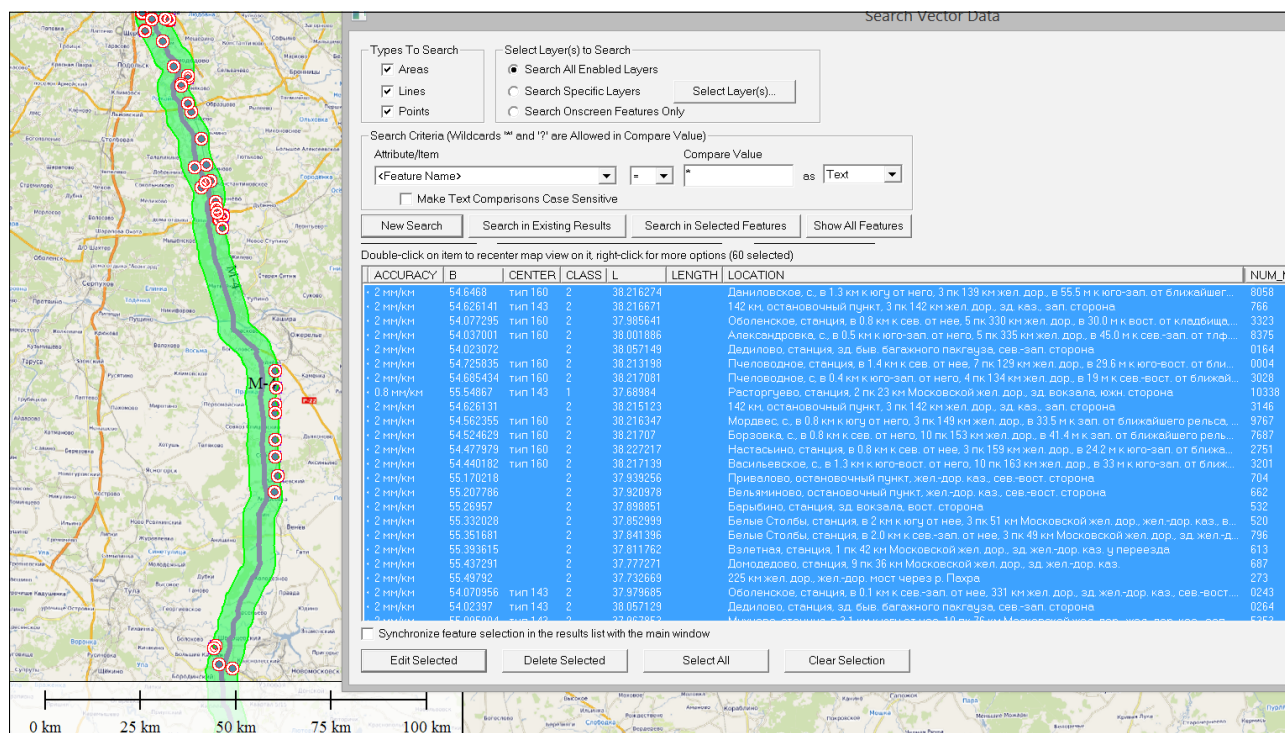


Рис. 3. Реперы ГВО в 4-километровой зоне по обе стороны от участка работ

Дальнейший переход от эллипсоидальных к ортометрическим высотам осуществляется в модуле уравнивания программного обеспечения постобработки ГНСС-измерений. Имеется два варианта решения этой задачи:

1. При отсутствии (или неиспользовании) модели геоида (квазигеоида) с известными параметрами производят ГНСС-измерения не менее чем на пяти точках с известными отметками в требуемой системе высот. Три точки необходимы для создания условной плоскости (для определения поверхности относимости), ещё две являются минимальным набором для контроля и выбора трёх точек с лучшим решением. На данную плоскость, как на локализованный геоид (квазигеоид), будут редуцироваться все определяемые точки.

Этот метод хорошо работает на сравнительно небольших участках местности диаметром (протяжённостью) не более 20 км при незначительных перепадах высот. В гористой местности этот метод работать не будет. Условная плоскость вполне заменяет геоид (квазигеоид) и может быть принята в качестве его замещения до тех пор, пока кривизна Земли на участке работ не станет оказывать сильное влияние на точность плоских координат.

2. Другим вариантом решения является использование модели мирового геоида в качестве матрицы высот, на которой производится интерполяция значений высот геоида над эллипсоидом (N) для широты и долготы точки измерений, с дальнейшим вычислением ортометрической высоты (H) вместо эллипсоидальной (h), — см. обозначения на рисунке 1.

Если использовать одну и ту же редакцию модели геоида для всех случаев ГНСС-определений высот на объекте работ, то неоднородности и ошибки самой модели геоида будут всегда участвовать во всех измерениях одинаково. Другими словами, результаты вычислений будут иметь систематическую погрешность, которую можно вычислить и компенсировать. В ходе постобработки ГНСС-измерений компенсация неоднородностей модели геоида происходит в момент фиксирования заведомо известного значения высоты хотя бы одной точки проекта в сеансе уравнивания всех векторов. Практика показывает, что в равнинной местности с перепадами высот не более 200 метров этот метод вполне оправдан для передачи отметок высокой точности, близкой к миллиметру.

Именно данный метод передачи высот предлагается использовать в качестве основного при развитии пунктов

планово-высотного обоснования — ведомственной опорной геодезической сети (ВОГС) Государственной компании «Автодор». Продолжительные (не менее 6 часов) ГНСС-измерения на пунктах каркаса ВОГС синхронно с реперами ГВО позволяют с высокой точностью передать на пункты каркаса, а затем и на рабочие реперы (пары реперов) ВОГС отметки в Балтийской системе высот 1977 года. Для контроля полученных в результате ГНСС-измерений высотных отметок будут проложены ходы геометрического нивелирования II класса от высотных реперов ГВО до пунктов ВОГС. Для обеспечения уровня точности высотной привязки не грубее 1 см длина ходов геометрического нивелирования II класса не будет превышать 4 км.

Практика показывает, что использование ГНСС-технологий для передачи высотных отметок позволяет повысить производительность работ в десятки и даже сотни раз по сравнению с методом геометрического нивелирования. Более того, на выполнение работ спутниковыми методами не действуют жёсткие ограничения по длине нивелирного хода. Как уже было отмечено ранее, точность в 1 см при передаче высот ГНСС-методами может быть достигнута на очень больших расстояниях между пунктами



Рис. 4. Здание ж/д вокзала г. Венёв (Тульская область) после реконструкции

измерений. Однако помимо резкого выигрыша в производительности выполнения работ имеются и другие причины необходимости перехода на более современные технологии развития высотного обоснования. Речь о них пойдёт в следующем разделе.

Апробация предлагаемой методики создания ВОГС

В настоящее время по контракту с Государственной компанией «Автодор» на участке автодороги М-4 «Дон» протяжённостью порядка 200 км реализуется проект по развитию планово-высотного обоснования в соответствии с методикой, предложенной авторами в [1]. Ниже мы остановимся лишь на той части работ, которая связана с созданием высотного обоснования.

Вблизи интересующего нас участка трассы М-4 согласно схеме расположения реперов ГВО (рис. 2) имеется достаточно пунктов I и II классов, от которых в пределах 4 км нивелирного хода можно передать отметку на определяемые реперы сгущения.

Собственно процесс реализации координатного обеспечения в высотной основе можно представить следующими шагами:

1. Получение сведений о местоположении опорных пунктов ГВО в виде ГИС-слоя, который



Рис. 5. Уничтоженный стенной репер 1 класса на станции Расторгуево

можно использовать в качестве основы поисково-рекогносцировочных работ.

2. Определение буферных зон от ближайших реперов ГВО до объекта работ, в пределах которых нивелирование 2 класса даст требуемую точность обоснования.

3. Рекогносцировка с отысканием сохранившихся пунктов ГВО и определением пригодности их для спутниковых наблюдений.

Для определения подходящих для работы пунктов ГВО (с точки зрения обеспечения заданной точности измерений) была построена буферная зона шириной по 4 км в обе стороны от оси трассы М-4. На рисунке 3 представлены результаты выборки.

Всего в данную выборку попало 60 реперов ГВО, что заведомо больше необходимого для работы количества. Оставалось только выбрать наиболее удобные реперы с точки зрения логистики выполнения работ. Однако всё оказалось не так просто...

Вначале при анализе описаний объектов заложения выяснилось, что большинство пунктов являются стенными реперами с закладкой в стены (фундаменты) железнодорожных строений. Так, согласно выписке на станции Венёв (Тульская область) в 1979 году в фасаде здания вокзала была заложена пара реперов II класса. Однако здание было не так давно отреставрировано, и в результате перелицовки и отделки фасадов здания стенные марки бесследно исчезли (рис. 4).

На станции Дедилово (Тульская область) стенные марки были размещены в здании бывшего пакгауза. Он сгорел, после чего остатки фундамента были полностью разобраны. На мосту через р. Пахру (Московская область) в одной из опор ж/д моста числится в каталогах репер I класса. Опоры регулярно красят и латают цементом. Следов репера обнаружить не удалось. На ж/д станции Расторгуево (Московская область) высокоточный высотный репер был выломан асфальтовым катком практически в момент обследования (рис. 5). К сожалению, этот печальный список может быть продолжен.

Отыскание грунтовых реперов даже такого основательного метода заложения, как тип 160, по существующим описаниям также крайне затруднительно.

Вот пример классического описания нивелирного пункта первого класса:

*Вельяминово, с., сев. окраина его,
68 км шоссе Москва — Воронеж,
на перекрёстке дорог, в 42.2 м к сев.-зап.
от км. стб. 68/1016
в 26.8 м к юго-зап. от шоссе
Вельяминово — Михнево,
в 19.3 м к вост. от шоссе
в 19.0 м к югу от поворотного стб.
б/№ ЛЭП*



Рис. 6. Определение местоположения репера ГВО на местности

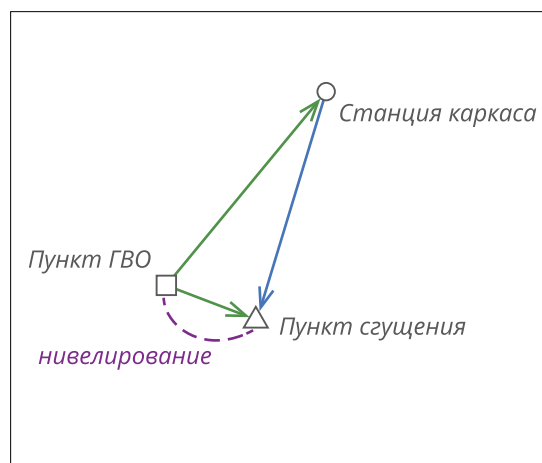


Рис. 7. Методы контроля полученных результатов

Попробуем восстановить эти размеры на местности.

Определение места расположения репера ГВО относительно ориентиров, указанных в описании, невозможно, поскольку столбы ЛЭП являются движимым имуществом. Изображенный на снимке (рис. 6) угловой столб ЛЭП перемещён в новое место. Промеры от километрового столба и дорог до предполагаемого репера указывают на густую лесополосу, которая, возможно, выросла с момента заложения репера в 1972 году. Наружный знак (охранный столб) утрачен, и, судя по развороченному грунту, произошло это во время монтажных работ по перемещению поворотной опоры ЛЭП. Пункт утерян.

В итоге из 20 обследованных реперов был найден только один, и то благодаря сохранившемуся в полосе отвода железной дороги опознавательному охранному столбику. Время, затраченное на обследование реперов высотной основы вдоль 200 километровой участка трассы М-4, составило три полных световых дня. Если сопоставить непроизводительные затраты на поиск реперов высотной основы со временем спутниковых наблюдений для передачи отметок на это расстояние, мы получим потерянное время, за которое можно было бы определить все пункты сгущения на данном участке ГНСС-методом.

Для контроля точности определения высотных отметок ГНСС-методом планируется использовать два метода:

- геометрическое нивелирование от реперов ГВО до реперов сети сгущения по программе наблюдений II класса;

- вычисление отметок реперов сети сгущения от отметок каркасных станций в отдельном решении ГНСС-определений.

На рисунке 7 зелёными стрелками изображены результаты вычисления программным обеспечением постобработки ГНСС-измерений высотных отметок пунктов каркаса и сгущения ВОГС относительно высотного репера ГВО. Синей стрелкой показано контрольное превышение (отметка) пункта сгущения, полученная относительно отметки пункта каркаса из ГНСС-метода. Пунктиром показана линия контрольного хода геометрического нивелирования.

Представленный на рисунке сегмент изображает независимое определение и контроль одного пункта сгущения из пары. Конструктивно предусмотрена компоновка пунктов сгущения ВОГС парами с обеспечением взаимной видимости между пунктами в паре. При этом в паре пунктов сгущения возникает ещё одно условие контроля по разности превышений, полученных геометрическим нивелированием пары.

Заключение

Мировой опыт применения ГНСС-технологий демонстрирует возможность передачи высотных отметок пунктов на большие расстояния с высокой точностью. Технология ГНСС-измерений способна кардинально повысить производительность выполнения нивелирных работ по сравнению с методом геометрического нивелирования без потери точности передачи высотных отметок.

В ходе реализации проекта на 200-километровом участке трассы М-4 «Дон» планируется продемонстрировать возможности высотных определений с помощью ГНСС-технологий для их последующего применения в дорожной отрасли. Результаты выполненных работ будут опубликованы в следующем выпуске журнала «САПР и ГИС автомобильных дорог».

Литература:

1. Гулин В.Н., Миронов С.А., Неретин А.А. Проблема обеспечения единого координатного пространства для объектов дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 75–82. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.10.
2. Горобец В.П., Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Высотное и гравиметрическое обеспечение // Геопрофи. 2014. № 1. С. 5–11.
3. Хинкис Г.Л., Зайченко В.Л. К 140-летию государственной нивелирной сети России // Геопрофи. 2013. № 3. С. 60–65.
4. ГКИНП (ГНТА)–03–010–03. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. Утверждена приказом Роскартографии 25.12.2003 г. № 181-пр.
5. Near-Seasonal Periods in GNSS Station Coordinate Time Series. L. Ostini et al. EGU2007A-06586, EGU General Assembly, Vienna, April 16–20, 2007. URL: http://www.bernese.unibe.ch/publist/2007/post/lo_egu_06_04.pdf (дата обращения: 28.09.2015).
6. ГОСТ 32453–2013. Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. М.: Стандартинформ, 2014.

Особенности инженерно-геодезических изысканий для разработки проектов ремонта, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.9

Фортуна Ю.А., к.т.н., доцент, ООО «ИнжПроектСтрой» (г. Краснодар)

В статье обосновывается необходимость внесения изменений в нормативные документы, регламентирующие выполнение инженерно-геодезических изысканий для целей разработки проектной документации на ремонт, капитальный ремонт и реконструкцию автомобильных дорог. Обосновывается необходимость внедрения приёмоконтроля в полевых условиях после завершения инженерно-геодезических изысканий и даются рекомендации по его проведению.



Инженерно-геодезические изыскания для разработки проектов капитального ремонта, ремонта и реконструкции автомобильных дорог в настоящее время осуществляются так же, как и для нового строительства, в соответствии с нормативно-техническими документами, регламентирующими состав, содержание и порядок их проведения: СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» [1] и СП 11–104–97 «Свод правил по инженерно-геодезическим изысканиям для строительства» [2].

К сожалению, указанные СП не учитывают специфику проведения геодезических работ в условиях функционирования существующей автомобильной дороги, а также их специфику с точки зрения разработки проектной документации на модернизацию существующей дороги.

В качестве результата выполненных инженерно-геодезических изысканий по-прежнему рас-

сматривается отчёт, основным документом графической части которого является топографический план местности с изображённым на нём рельефом и ситуацией. Именно топографический план передаётся проектировщикам в качестве исходных материалов для разработки проектной документации, и он же является главным объектом внимания экспертов при прохождении госэкспертизы. Составление и размножение топографического плана даже выделено в СП 11–104–97 [2] в качестве самостоятельной процедуры в общем комплексе изыскательских работ.

Однако на деле топографический план уже давно утратил своё значение как единственная первооснова для разработки проекта строительства (реконструкции или ремонта) автомобильной дороги. Ушли в прошлое времена, когда трассу автомобильной дороги сначала прокладывали на бумаге, на топографическом плане в горизонта-

лях, а затем переносили на местность. Высотные отметки трассы для составления продольного профиля при этом также определяли по плану в горизонталях, используя специальные приспособления — палетки. Естественно, что от качества отрисовки топоплана зависело многое.

В настоящее время в проектных организациях используется безбумажная технология проектирования автомобильных дорог с использованием трёхмерной цифровой модели местности (ЦММ), создаваемой на компьютере и получаемой путём сплошной тахеометрической съёмки либо лазерным сканированием местности [3–5]. На компьютере же создаётся трёхмерная цифровая модель проектной поверхности дороги со всеми её элементами.

Теперь качество проекта, в особенности проекта ремонта или капитального ремонта дороги, зависит не от качества оформления топоплана как графического отображения местности на чертеже, а от качества ЦММ, от того, насколько верно существующая поверхность дороги получила отображение в трёхмерной математической модели.

В то же время отношение «геодезистов-полевиков» к топоплану как к окончательному результату работы остаётся прежним. И к этому их побуждает необходимость прежде всего соблюдать требования нормативных документов к оформлению топоплана, часто противоречащих требованиям проектирования. Например, существующие подпорные стенки, водопропускные трубы, лотки и другие элементы дороги отображаются

на топоплане не в масштабном виде, а условными знаками. Реальное же местоположение сооружений и их конфигурация при этом могут значительно отклоняться от показанного на чертеже.

Любое несоответствие фактического местоположения существующих элементов дороги чертежу или ЦММ приводит к ошибкам проектирования, в частности — в определении объёмов ремонтных работ, а это является одним из показателей низкого качества проекта.

В качестве одной из причин указанного явления можно обозначить то, что основным масштабом изображения плана автомобильной дороги на незастроенной территории в ГОСТ 21.701–2013 [6] указан 1:1000. В данном масштабе отобразить все элементы автомобильной дороги весьма затруднительно.

Для того чтобы у геодезистов появилась возможность формирования ЦММ, отвечающей требованиям проектирования, необходимо, ко всему прочему, внести изменения в ГОСТ 21.701–2013 [6] в части рекомендуемых масштабов изображений (таблица 1) и в качестве основных масштабов для проектов ремонта и ка-

питального ремонта дорог принять: для плана — 1:500, для продольного профиля — 1:2000 (по горизонтали) и 1:200 (по вертикали).

Существует ещё одна проблема, отражающаяся на качестве проектной документации, которая возникла в связи с коренными изменениями технологии геодезических изысканий и внедрением САПР автомобильных дорог. Во время геодезических изысканий для разработки проектов ремонта или капитального ремонта полевое трассирование и нивелировка трассы уже не выполняются, укладка трассы осуществляется в камеральных условиях по материалам сплошной съёмки, выполняемой с помощью тахеометров и представляемой в электронном виде как цифровая модель местности. Элементы трассы, включая точки начала и конца трассы, на местности, как правило, не закрепляются. Высотные отметки «чёрной линии» продольного профиля, записываемые в графе «отметки земли», при этом таковыми не являются. На самом деле это — интерполированные отметки поверхности покрытия существующей дороги, соответствующие местоположению проектной трассы и вычисляемые программой по заданному разра-

Любое несоответствие фактического местоположения существующих элементов дороги чертежу или ЦММ приводит к ошибкам проектирования, в частности — в определении объёмов ремонтных работ, а это является одним из показателей низкого качества проекта.

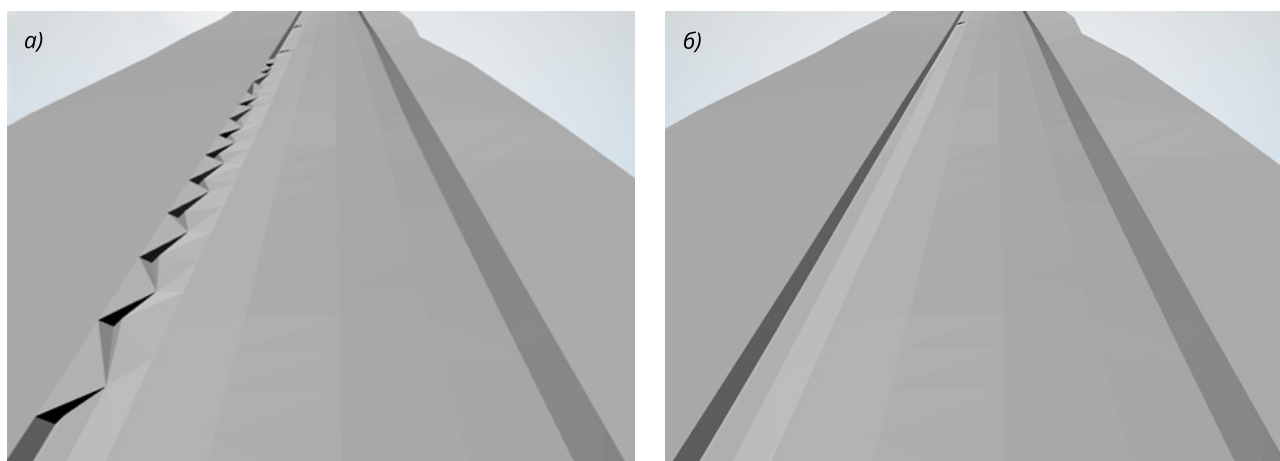


Рис. 1. 3D-вид цифровой модели поверхности участка дороги с кюветом:
а) до переброски рёбер, б) после переброски рёбер треугольников

Таблица 1. Рекомендованные значения для контроля геометрических параметров дороги по результатам изысканий

КОНСТРУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ, КОНТРОЛИРУЕМЫЙ ПАРАМЕТР	ДОПУСТИМОЕ ОТКЛОНЕНИЕ ОТ ФАКТИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ
ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО	
Местоположение оси существующей дороги	± 2 см
Расстояние от оси до бровки земляного полотна	± 10 см
Высотные отметки бровки	± 5 см
Поперечные размеры кюветов, нагорных и других канав (по дну)	± 5 см
Высотные отметки дна кюветов, нагорных и других канав (при условии обеспечения стока): — не укрепленных	± 5 см
— укрепленных	± 1 см
Ширина берм	± 15 см
ПРОЕЗЖАЯ ЧАСТЬ И ОБОЧИНЫ	
Высотные отметки по оси дороги	± 0,5 см (± 1 см)
Местоположение кромки покрытия (относительно оси дороги)	± 5 см
Высотные отметки кромок покрытия	± 0,5 см (± 1 см)
Высотные отметки поверхности укрепленной части обочин	± 1,5 см
ВОДОПРОПУСКНЫЕ ТРУБЫ, МОСТЫ, ПУТЕПРОВОДЫ	
Местоположение оголовков и открьлков труб (относительно оси дороги)	± 5 см
Высотные отметки лотка трубы	± 1 см
Ширина порталной стенки и открьлков	± 1 см
Высотные отметки оголовков, открьлков	± 1 см
Высотные отметки дна подводящего и отводящего русла: — не укрепленного	± 10 см
— укрепленного	± 5 см
Местоположение деформационных швов на мостах	± 1 см
Ширина проезжей части, полос безопасности, тротуаров на мостах	± 1 см
Местоположение границы подошвы укрепления конусов устоев	± 5 см
Высотные отметки подошвы откоса	± 5 см
Местоположение телескопических лотков, лестничных сходов, их ширина	± 5 см
ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ	
Расстояние от оси дороги до низа фасадной поверхности подпорных стен	± 5 см
Высотные отметки верха подпорных стен	± 1 см
Ширина подпорных стен сверху и снизу	± 1 см
Местоположение центров крышек люков смотровых колодцев, решёток дождеприёмных колодцев	± 5 см
Высотные отметки крышек люков	± 0,5 см
Местоположение элементов водоприёмных, водобойных колодцев, перепадов, быстроток	± 5 см
Высотные отметки дна и верха стен водоприёмных, водобойных колодцев, перепадов, быстроток	± 1 см
ЭЛЕМЕНТЫ БЛАГОУСТРОЙСТВА	
Местоположение границ автопавильонов, остановочных и посадочных площадок	± 10 см
Местоположение дорожных знаков, светофоров и т.п.	± 10 см

ботчиками САПР алгоритму. Лишь в редких случаях, когда местоположение проектной и существующей оси дороги совпадают, а поперечники разбиты строго по отснятым точкам, эти отметки являются действительными. Разница в величине интерполированных и фактических отметок достигает 3–4 (а иногда и 6) см.

Указанные проблемы, как правило, мало волнуют геодезистов, считающих своей главной задачей получение положительного заключения госэкспертизы по результатам рассмотрения отчёта по инженерным изысканиям. Создание ЦММ, удовлетворяющей требования проектирования, в качестве основной задачи, как правило, не рассматривается.

Практика показывает, что цифровая модель участка существующей автомобильной дороги, созданная, например, с использованием модулей САПР CREDO, представляет собой совокупность множества линий и полигонов, не несущих никакой смысловой нагрузки. Это в значительной степени мешает проектировщикам при анализе представленной информации и принятии проектных решений.

Процедурой переброски рёбер треугольников, моделирующих существующую поверхность дороги и её элементов, никто и не думал заниматься, хотя от этого в значительной степени зависит точность определения объёмов работ, например, по ремонту кюветов (рис. 1) [7].

Поэтому проектировщикам приходится самим исправлять ЦММ под свои нужды, затрачивая значительную часть времени на непроизводительную работу. Все уговоры геодезистов относительно необходимости «строить» ЦММ, используя логичные, понятные по смыслу и поименованные структурные (и ситуационные) линии, как правило, заканчиваются впустую. Между тем, в изменении отношения «полеви́ков» к созданию адекватной ЦММ кроется значительный резерв повышения качества и производительности труда при разработке проектной документации в целом.

Опыт практической работы с использованием САПР автомобильных дорог показывает, что наиболее целесообразно организовать полевые геодезические работы при проектировании ремонта или капитального ремонта автомобильной дороги в два

К сожалению, требования к ЦММ, передаваемой для разработки проекта, в технической литературе, в том числе и нормативной документации, отсутствуют.

этапа. На первом этапе производится съёмка верха земляного полотна и создаётся ЦММ, основу которой в общем случае для существующей дороги с двухполосной проезжей частью составляют 7 структурных линий, отражающих существующую поверхность в поперечнике:

- ось существующей дороги;
- левая кромка покрытия;
- левая бровка земляного полотна;
- левая подошва откоса;
- правая кромка покрытия;
- правая бровка земляного полотна;
- правая подошва откоса.

Этот «сырец» цифровой модели поверхности верха земляного полотна существующей дороги передаётся проектировщикам в работу, так как уже несёт всю необходимую информацию для проектирования плана, продольного и поперечных профилей дороги.

Для насыпи с отнесёнными кюветами трапецидального сечения, а также для выемки с трапецидальными кюветами и бермами цифровая модель всей поверхности существующей дороги будет состоять из 15 структурных линий.

Для дорог с центральной разделительной полосой, а также с внешними и внутренними бордюрами, подпорными стенками и парапетами в поперечном сечении дороги количество поименованных структурных линий соответственно увеличивается. Однако, цифровая модель, сформированная из поименованных и логично отображающих существующую поверхность структурных линий, значительно облегчает процесс формирования оптимальной проектной поверхности дороги и повышает точность подсчёта объёмов строительных работ.

На втором этапе производится досъёмка и дорисовка недостающих объектов (примыканий и пересечений, водопропускных труб, площадок отдыха и пр.). При этом вертикальные и наклонные поверхности элементов дорожных сооружений должны быть отображены структурными линиями, относящимися к низу и верху элемента.

К сожалению, требования к ЦММ, передаваемой для разработки проекта, в технической литературе, в том числе и нормативной документации, отсутствуют. Оценить адекватность ЦММ существующему положению можно, например, сравнив 3D-вид поверхности участка дороги с видеосъёмкой. Однако одной видеосъёмки для оценки качества выполненной работы по инженерно-геодезическим изысканиям для целей проектирования будет недостаточно.

Контроль выполненных инженерно-геодезических изысканий в настоящее время осуществляется только с позиции удовлетворения нормативных значений допустимых погрешностей (невязок) при измерении длин, углов и определении высот точек. В то же время проверка соответствия геометрических элементов дороги на местности и на топоплане (или на ЦММ) не выполняется (вплоть до начала строительных работ, когда вскрытые ошибки вызывают необходимость переделки проектной документации).

С целью исключения существенных ошибок в определении объёмов ремонтных работ местоположение (координаты) элементов существующей дороги в ЦММ должно быть отражено с достаточной точностью.

В соответствии с п. 1.1. ГОСТ 23616–79 [8] контроль точности геометрических параметров является обязательной составной частью контроля качества и проводится посредством сопоставления действительных значений параметров или характеристик точности с установленными.

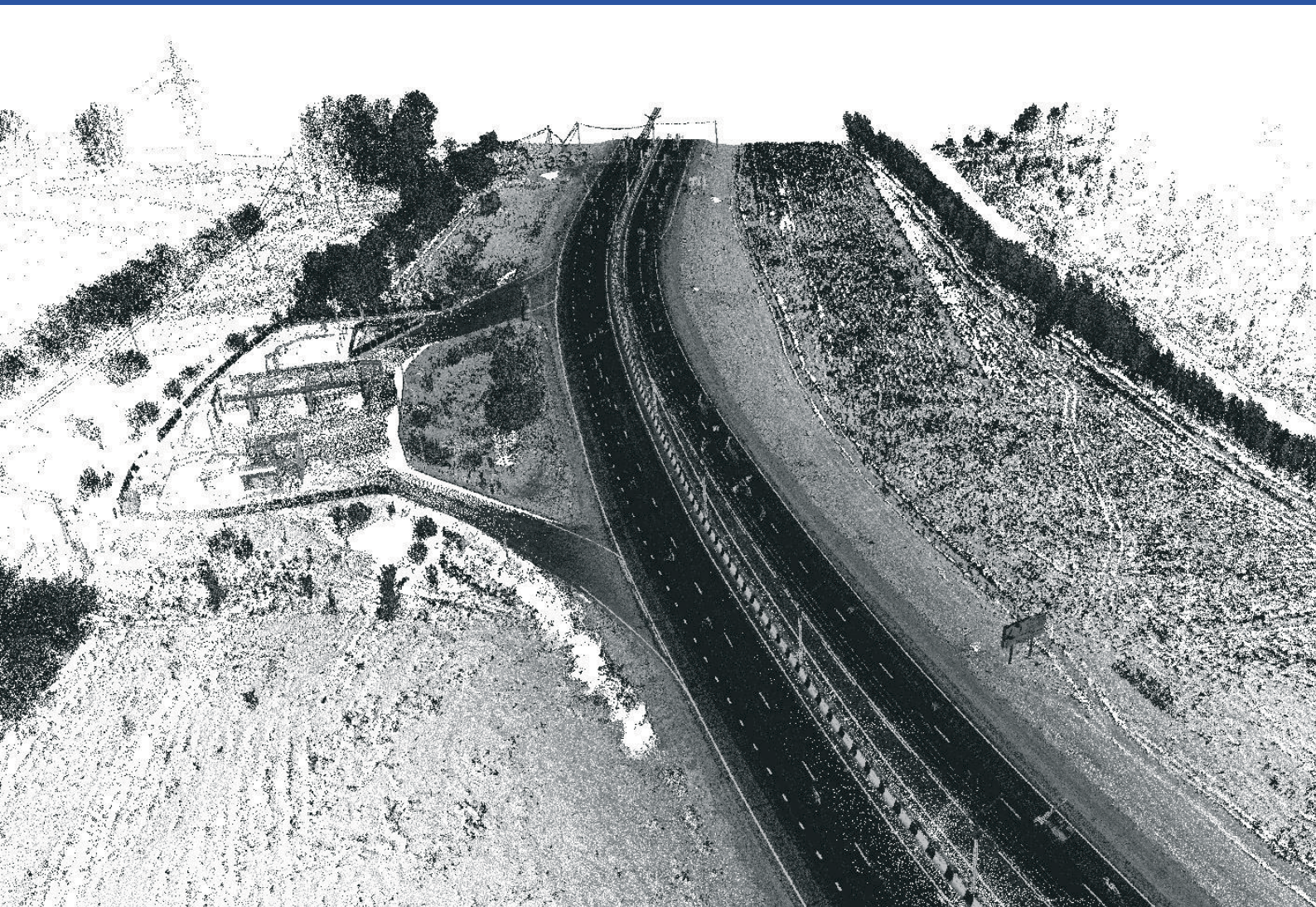
Основываясь на положениях СП 78.13330.2012 [9] и ГОСТ Р 50597–93 [10] относительно функциональных и технологических допусков при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог, при контроле определения геометрических параметров автомобильной дороги по результатам геодезических изысканий можно рекомендовать значения, приведённые в таблице 1.

Выполнять измерения следует в соответствии с требованиями ГОСТ 26433.2–94 [11].

Совершенствование системы контроля результатов инженерно-геодезических изысканий позволит сократить время на разработку проектной документации на ремонт и капитальный ремонт дорог и повысить её качество. ■

Литература:

1. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.
2. СП 11–104–97. Свод правил по инженерно-геодезическим изысканиям для строительства.
3. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 6–9. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.1.
4. Сворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
5. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 10–17. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.2.
6. ГОСТ 21.701–2013. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог.
7. Петренко Д.А., Сворцов А.В. Алгоритмы построения и оптимизации структур триангуляции Делоне с перебросками рёбер // Вестник ТГУ, Приложение, 2004, № 9 (II), август, с. 112–116.
8. ГОСТ 23616–79. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Контроль точности.
9. СП 78.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03–85.
10. ГОСТ Р 50597–93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения.
11. ГОСТ 26433.2–94. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений.



Проектируем
автомобильные дороги

на основе мобильного
лазерного сканирования



Обзор возможностей систем эскизного проектирования автомобильных дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.10

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

Рассматриваются основные задачи, стоящие перед программными продуктами для эскизного (концептуального) проектирования автомобильных дорог. Описываются основные возможности некоторых специализированных программных продуктов, использующихся на данном этапе проектирования.

1. Введение

Жизненный цикл автомобильной дороги представлен последовательностью этапов существования объекта, от идеи и обоснования необходимости в дороге до её ликвидации. Результатом каждого из этапов является информационная модель объекта определённой детализации, достаточной для принятия решения именно на этом этапе [1].

Основной целью предпроектного этапа является подбор вариантов дороги и оценка их приблизительной стоимости. Главным критерием при оценке проектных решений является стоимость дороги, включая стоимость строительства и эксплуатационные затраты за определённый период. Такие возможности уже имеются в BIM-

решениях для зданий, поэтому, в свете возрастающего интереса к BIM для автомобильных дорог, спрос на такие продукты появляется и в дорожной отрасли [2, 3].

Задачи эскизного (концептуального или вариантного) проектирования частично могут быть покрыты возможностями традиционных САПР. Однако существует и специализированный класс программного обеспечения, позволяющего в сжатые сроки «набросать» углублённую модель автомобильной дороги. Наиболее яркими представителями рынка являются давно известная и зарекомендовавшая себя система KorFin (A+S Consult GmbH, Германия) и быстро набирающие популярность системы InfraWorks 360 (Autodesk Inc., США) и QuantM (Trimble Navigation

Ltd., США). Также в рамках данной статьи уделяется внимание менее известным программным продуктам VIS All 3D (John-Service Software GmbH, Германия) и EngOnCloud (EngOnCloud Technologies, Канада).

В данной статье рассматривается полнота реализации процессов предпроектной стадии жизненного цикла дорог в озвученных программных продуктах.

2. Требования к системам эскизного проектирования

Основу каждого этапа работы над проектом составляют процессы, определяющие работу с моделью дороги. Основной лейтмотив при рассмотрении программных решений на этапе эскизного проектирования — экономическая составляющая, поэтому все процессы предпроектного этапа должны гибко регулироваться в контексте итоговой стоимости. Реализацию этих процессов мы и будем рассматривать в качестве критериев оценки программного обеспечения.

Программные продукты для эскизного проектирования должны обеспечивать решение основных стоящих на данном этапе задач.

Подготовка исходной модели местности

Исходные данные могут быть получены из открытых источников в интернете (интернет-карт с данными о рельефе) или с использованием имеющихся данных изысканий путём их импорта в программу. При эскизном проектировании достаточно довольно грубой модели, поэтому возможность использования интернет-карт является преимуществом для систем на этом этапе [4]. В то же время уже на этапе предпроекта могут иметься данные геодезических изысканий или готовые модели поверхности, полученные на их основе, поэтому должна существовать возможность подгружать такие данные.

Для создания базовой модели, на основании которой выполняется эскизное проектирование, необходимы данные о рельефе, а также вся имеющаяся информация о существующей ситуации в месте проектирования, включая данные о существующих дорогах, реках, зданиях, деревьях.

Основной лейтмотив при рассмотрении программных решений на этапе эскизного проектирования — экономическая составляющая...

Среди прочего необходима программная возможность для задания регионов, особым образом влияющих на траекторию и стоимость дороги при её прохождении через эти участки. К таким данным относятся, например, границы особо охраняемых и подтопляемых зон, кадастровых участков, градостроительные планы земельных участков и пр. Другим вариантом решения этой задачи может являться наложение на поверхность растровых изображений с отображением всех необходимых регионов.

Геометрическое трассирование дорог

Наиболее сообразующаяся с рельефом и ситуацией траектория дороги может быть достигнута сплайновым трассированием. Однако в большинстве современных систем проектирования автомобильных дорог используется тангенциальный ход, позволяющий точно соответствовать ограничениям на допустимые радиусы согласно категории дороги.

Системы эскизного проектирования должны поддерживать национальные стандарты или позволять использовать пользовательские шаблоны конструкций дороги, включая такие элементы, как элементы поперечного профиля, параметры дорожной одежды и заложение откосов.

Проектирование продольного профиля

Итоговый объём земляных работ во многом является показателем качества продольного профиля. На современном этапе технически реализуем автоматический расчёт линии продольного профиля и вписывание дороги в рельеф. В случае ручного редактирования, как и в случае автоматического подбора, должны учитываться ограничения на предельные уклоны и радиусы кривых. При создании эскиза дороги важно сразу видеть, как дорога повлияет на существующую ситуацию и рельеф, — такую возможность предоставляют системы с трёхмерной средой проектирования.

Вариантное проектирование и сравнение вариантов

Подбор альтернативных вариантов может выполняться вручную или автоматически. При подборе альтернативных решений вручную программой должна предоставляться возможность разработки альтернатив на основе существующего варианта. Эффективность автоматизированного подбора маршрутов зависит от возможности учёта социальных, экологических и экономических факторов.

Упростить выбор оптимального варианта позволяет наличие инструментов для сравнения проектных решений по значимым критериям.

Демонстрация решения заинтересованным лицам

Для демонстрации проектного решения программными продуктами, применяемыми на предпроектном этапе, должны предоставляться инструменты для создания презентаций, видеороликов или качественных изображений модели дороги, а также выгрузки их из системы или иные способы обмена демонстрационными материалами.

Экспорт модели

Концепция информационного моделирования предполагает возможность обмена данными модели на различных этапах жизни объекта [2]. Полученная на этапе предпроекта эскизная модель должна быть передана на проектный этап для дальнейшей детализации. Для этого программные продукты должны предоставлять возможности экспорта данных модели в обменные форматы, поддерживаемые системами для проектирования дорог.

3. Возможности систем для эскизного проектирования

Имея представление о том, какие процессы должны обеспечиваться на стадии эскизного проектирования, мы можем приступить к рассмотрению возможностей выбранных программных продуктов.

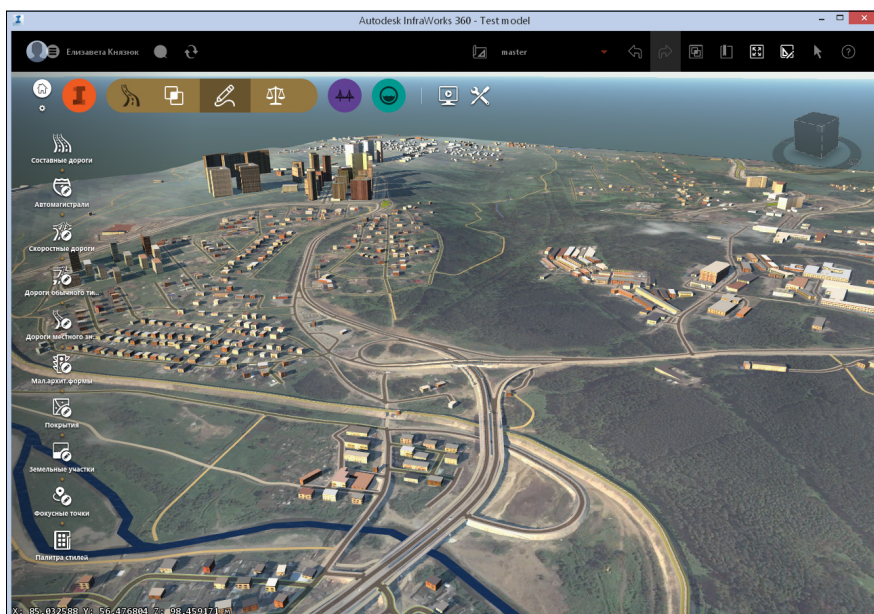


Рис. 1. Главное окно системы InfraWorks 360

InfraWorks 360 (Autodesk Inc., США)

Система InfraWorks 360 представляет собой интуитивно-понятный инструмент для эскизного проектирования объектов инфраструктуры в трёхмерной среде (рис. 1) [5].

Система позволяет быстро создать исходную модель на основании интернет-карт или собственных данных. В первом случае используется модуль Model Builder для автоматического построения модели с данными о рельефе, водоёмах, существующих автомобильных и железных дорогах и зданиях. Модель поверхности базируется на данных SRTM с шагом 30 м с абсолютной точностью по высоте 20 м и относительной — 1 м, растровое изображение, наложенное на рельеф, предоставляется сервисом BingMap, векторные данные моделей объектов ситуации берутся из OpenStreetMap.

При наличии собственных исходных данных они могут быть дополнительно подгружены в су-

ществующую модель или являться основой новой модели. В качестве рельефа могут использоваться растровые данные (сетки) или векторные данные (файлы TIN или контура). Для импорта земельных участков и других площадных объектов могут быть использованы файлы AutoCAD Civil 3D DWG, IMX, CityGML, LandXML, SDF, шейп-файлы ESRI или SQLite. Трёхмерные модели дорог, деревьев, зданий, трубопроводов могут быть импортированы из файлов 3DS, DAE, FBX, OBJ, DWG, DXF, DGN. Также доступны и другие форматы импорта, обеспечивающие создание достаточной для воспроизведения существующей ситуации и инфраструктуры.

Для эскизного проектирования дорог используется модуль Roadway Design. Создание дороги начинается с выбора шаблона: в системе реализован ряд шаблонов конструкций дорог с различной расчётной скоростью. При необходимости можно создавать свои шаблоны. Трассирование выполняется путём задания тангенциально-

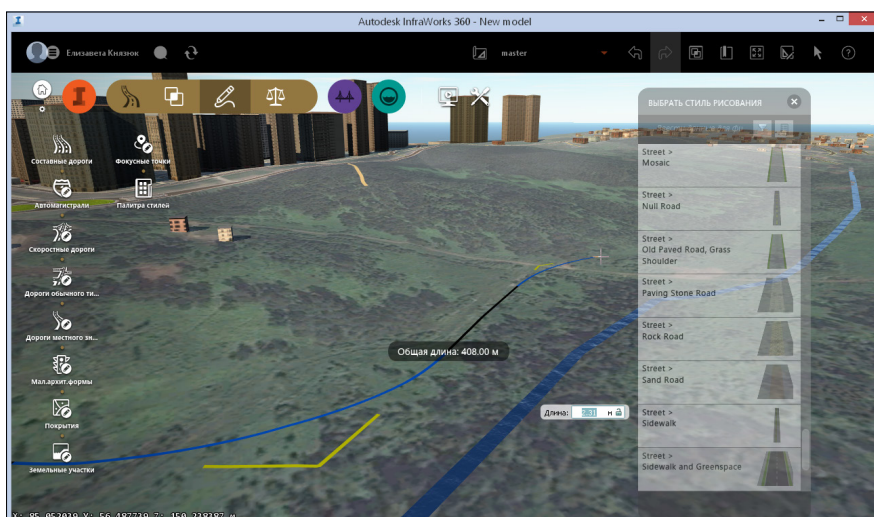
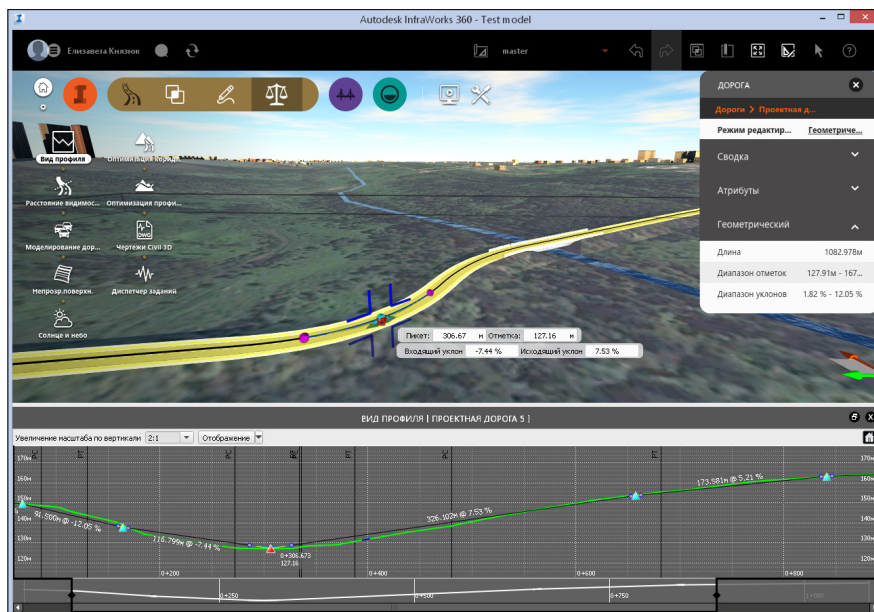


Рис. 2. Трассирование методом тангенциального хода в системе InfraWorks 360

Рис. 3. Редактирование продольного профиля дороги в системе InfraWorks 360



го хода непосредственно в трёхмерной среде (рис. 2). При пересечении дороги с другой дорогой автоматически создаётся перекрёсток. В местах пересечения с дорогами или водоёмами несколькими щелчками мыши можно запроектировать мост.

В режиме редактирования можно уточнить геометрические характеристики, задать количество полос движения, параметры откоса, а также стили оформления для участков дороги. Редактирование параметров трассировки и продольного профиля выполняется также в 3D-модели, что позволяет сразу увидеть, как дорога повлияет на рельеф и как она вписывается в существующую ситуацию. Помимо интерактивного редактирования в 3D-виде, продольный профиль также может быть откорректирован в отдельном окне (рис. 3).

В настоящий момент компанией Autodesk заявлен тестовый инструмент Corridor Optimization для автоматического подбора вариантов маршрута дороги в зависимости от заданных ограничений с учётом зон обхода и карты пригодности, на которой поверхность, занимаемая теми или иными объектами, окрашена в соответствии с обозначенной пригодностью территории для строительства дороги (рис. 4). Модуль позволяет автоматически находить траекторию дороги между двумя точками в заданных границах модели. По результатам оптимизации доступен подробный отчёт с информацией по объёму и стоимости работ.

Для расчёта оптимального вертикального профиля в InfraWorks имеется модуль Profile Optimization. С его помощью можно на основании заданных ограничений, таких как мини-

Рис. 4. Карта пригодности (приведённой стоимости) для поиска оптимального коридора дороги в InfraWorks 360



мальный уклон, учёт местоположения и ёмкости карьеров, получить оптимальный вариант вертикального профиля.

Рассчитанная стоимость учитывает углублённые стоимости земляных работ (экскаваторные работы, транспортировка грунта, объёмы насыпи, выемки и пр.) и строительства (дорожные одежды, искусственные сооружения и пр.). Затраты на единицу работ настраиваются в параметрах оптимизации.

Анализ альтернативных вариантов проектного решения выполняется с помощью представлений — альтернативных проектов, которые могут создаваться вручную или автоматически по результатам выполнения оптимизации.

Для демонстрации проектного решения InfraWorks 360 предоставляет гибкие возможности создания презентационных роликов путём задания траекторий движения камеры с последующим экспортом в файл AVI. Также можно сохранить в файл PNG или TIF изображение модели, предварительно настроив время суток, параметры яркости и направления солнечного света и пр. Благодаря облачным вычислениям InfraWorks 360 позволяет создать единую среду данных, с которыми могут работать как пользователи системы, так и любые заинтересованные лица, у которых система не установлена. Благодаря этому демонстрация решения может производиться по ссылке с помощью веб-браузера.

Для передачи на следующий этап проектирования полученная модель может быть экспортирована в различные форматы таких приложений, как AutoCAD Civil 3D, и в другие популярных форматы, предназначенные для обмена данными: IMX, FBX, OBJ, DAE.

QuantM (Trimble Navigation Ltd., США)

Система QuantM позволяет создавать проектные варианты автомобильных дорог с учётом множества факторов, которые гибко настраиваются путём задания на плане особых зон, тем или иным образом влияющих на траекторию прохождения дороги, а также на стоимость строительства при её прохождении по этим участкам (рис. 5) [6].

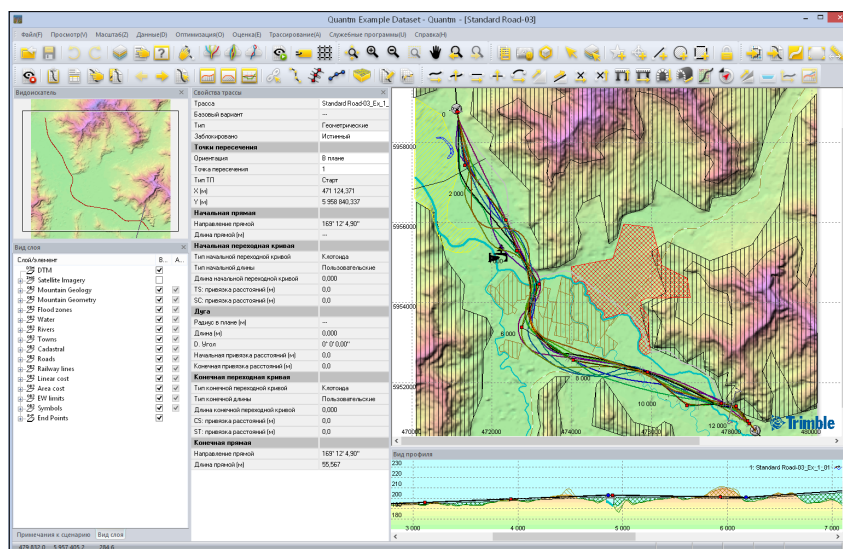


Рис. 5. Главное окно системы QuantM с отображением вариантов маршрута дороги

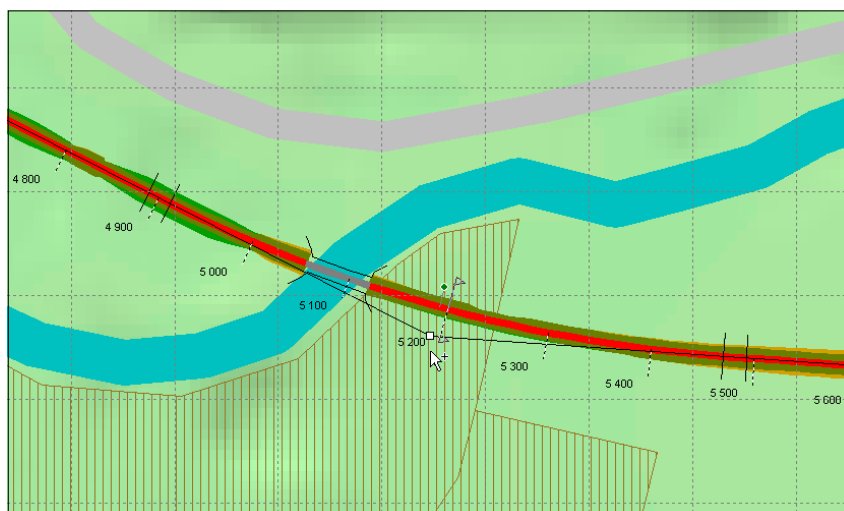


Рис. 6. Редактирование трассы в плане в системе QuantM

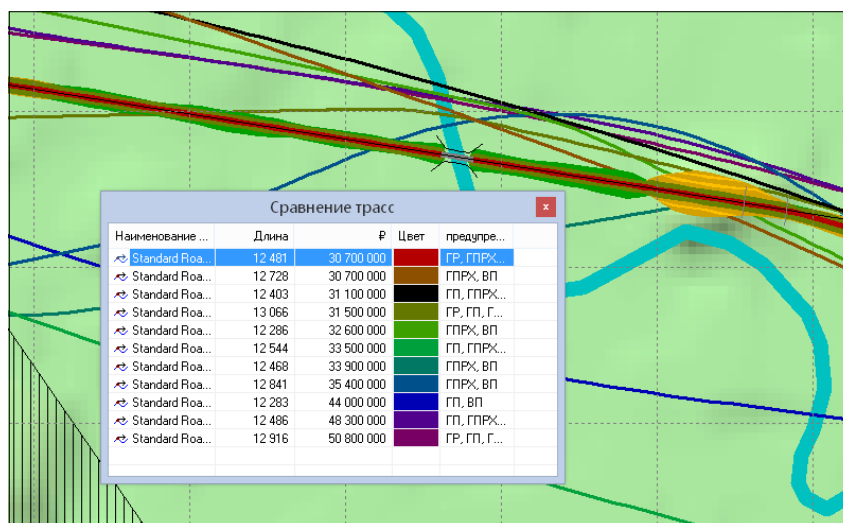


Рис. 7. Сравнение рассчитанных в результате оптимизации вариантов трасс в QuantM

Исходная модель, на основании которой ведётся работа в системе, создаётся на основе данных о поверхности, различных объектов ситуации, включая реки, существующие дороги, а также экологические, геологические, экономические зоны. В систему могут быть импортированы файлы форматов DWG, DXF, DNG, шейп-файлы ESRI, секции XY(Z), 12D, MX Genio.

Для апробации различных проектных решений в программе QuantM используются сценарии, в которых хранится набор исходных данных, шаблоны конструкций дороги с обозначенными ограничениями, а также параметры стоимости.

Система не поддерживает интерактивное трёхмерное проектирование, поэтому при работе используются традиционные в САПР план, окно продольного и поперечного профилей, а 3D-вид представлен в качестве отдельной возможности для визуализации решений. Подбор вариантов трассировки выполняется на основании предварительно заданных точек начала и конца дороги, между которыми в ручном или автоматизированном режиме задаётся маршрут дороги. При трассировании вручную пользователь задаёт вершины тангенциального хода, а радиусы в соответствии с ограничениями сценария вписыва-

ются уже по завершении построения (рис. 6). Такая последовательность представляется не всегда удобной, поскольку снижает наглядность при трассировании, исключая возможность построения маршрута с учётом вписанных радиусов. При пересечении реки на дороге автоматически добавляется мостовое сооружение; тоннели также добавляются автоматически в зависимости от рельефа.

Продольный профиль дороги подбирается автоматически и отображается в отдельном окне, в котором также обозначаются области выемки и насыпи, мостовые сооружения и туннели. Также здесь можно отобразить диаграмму перемещения земляных масс. Точные значения параметров трассировки и продольного профиля можно задать вручную в отдельном окне.

Программа позволяет выполнять несколько вариантов оптимизации в зависимости от того, нужно ли оптимизировать только вертикальную геометрию, не меняя при этом горизонтальную геометрию, нужно ли учитывать при поиске альтернативных вариантов существующее решение или требуется подобрать независимые варианты различных маршрутов с учётом рельефа, стоимости и прочих факторов, заданных в сценарии.

Для сравнения все подобранные автоматически или созданные вручную варианты дороги можно отобразить на плане, а также в виде списка с указанием длины и стоимости каждого варианта (рис. 7). Такая реализация позволяет учесть при сравнении множество факторов как в числовом, так и в визуальном виде.

В программе присутствуют обширные возможности для расчёта стоимости строительства дороги. Так, помимо стоимости земляных работ, дорожного покрытия, искусственных сооружений, на итоговую стоимость влияют задаваемые пользователем регионы с обозначенной стоимостью работ, а также фиксированные затраты, не зависящие от конструкции дороги. Возможность задавать пользовательские разделы сметы с обозначением соответствующих работ на плане значительно расширяет эффективность и точность расчёта стоимости и является отличительной особенностью программы QuantM.

Для презентации вариантных решений можно создать ролик проезда по дороге в формате WMV или сохранить снимок модели в настроенных условиях облачности, дальности прорисовки рельефа и движущихся по дороге автомобилей.

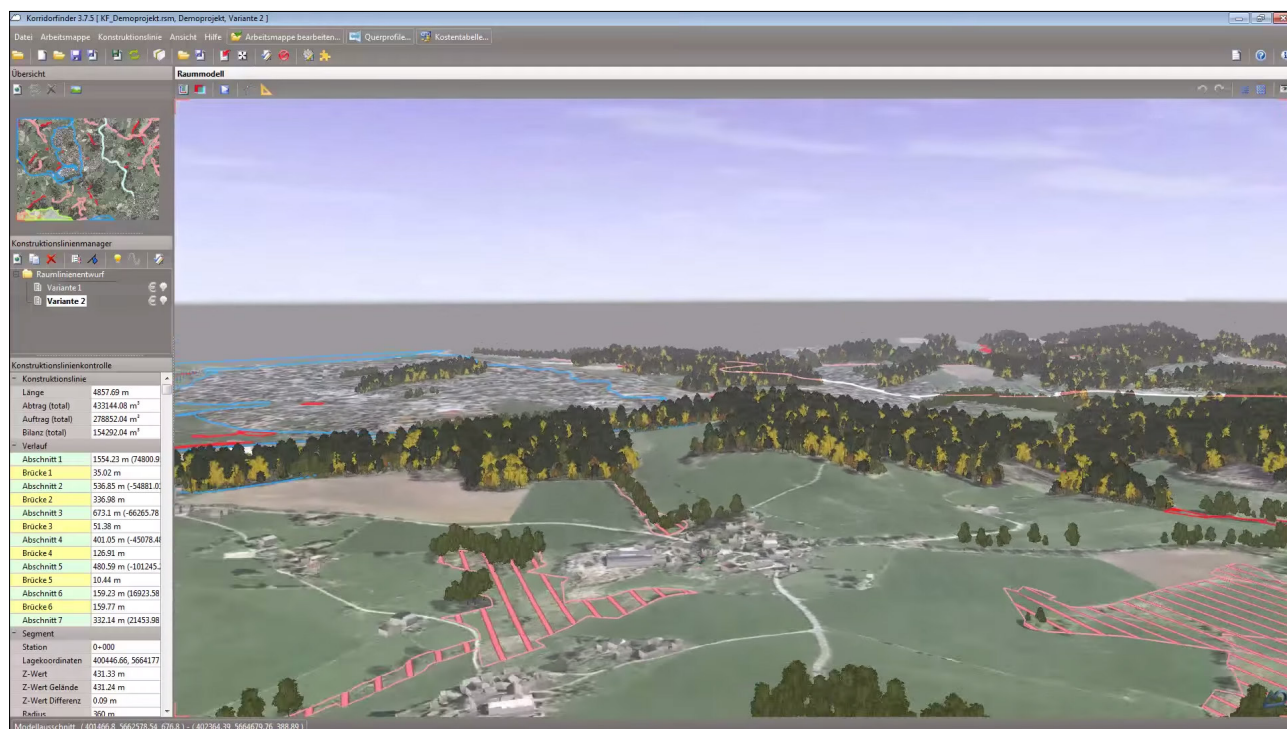


Рис. 8. Главное окно системы KorFin

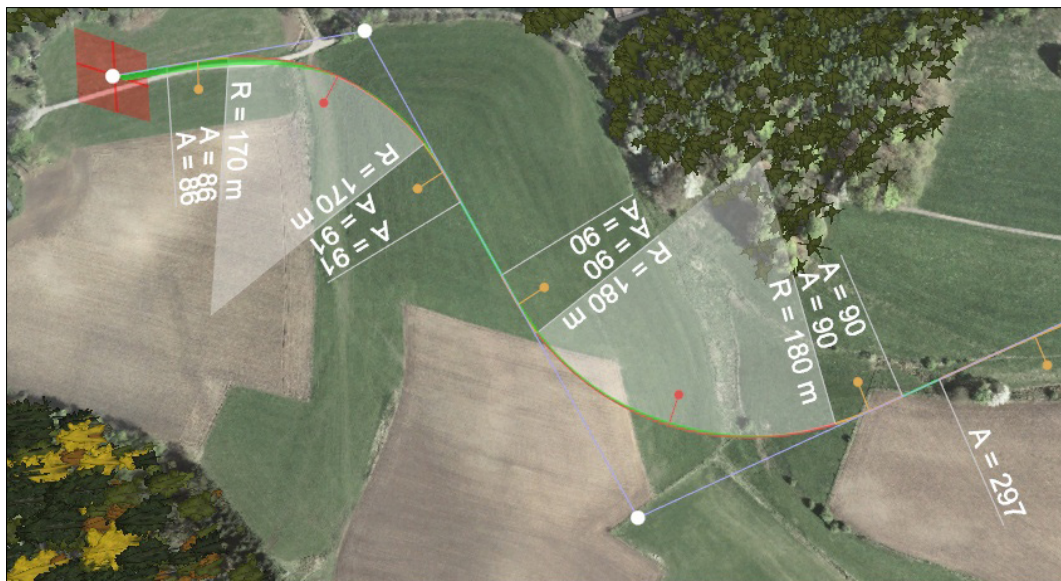


Рис. 9. Трассирование дороги методом тангенциального хода в системе KorFin

Система позволяет выполнять экспорт одного или нескольких вариантов дороги в различные форматы, среди которых XYZ, MX Genio, 12D Model, DXF-XYZ, DXF-XY, DXF-Z & Land, шейп-файлы ESRI, LandXML, TerraModel PRO, Google Earth, UCWinroad.

KorFin (A+S Consult GmbH, Германия)

Система KorFin используется для предварительного проектирования автомобильных и железнодорожных дорог, а также линий электропередачи на основании трёхмерной модели (рис. 8) [7].

Для получения исходной модели могут использоваться различные данные, в том числе данные изысканий (DXF, TXT, ASCII), библио-

теки NASA, результаты воздушного лазерного сканирования, картографические материалы. Как и программы, рассмотренные выше, KorFin позволяет обозначать в модели особые зоны, отражающие кадастровые, экологические и прочие факторы.

В KorFin реализованы гибкие возможности трассирования, что выражается в поддержке системой двух отдельных режимов трассирования: классического (рис. 9) и сплайнового. В обоих случаях сначала задаются начальная и конечная точка дороги, а потом настраивается геометрия в зависимости от типа трассирования.

При трассировании дорога сразу не вписывается в рельеф, и продольный профиль представляется прямой линией, поэтому его проектирование полностью возлагается на пользователя.

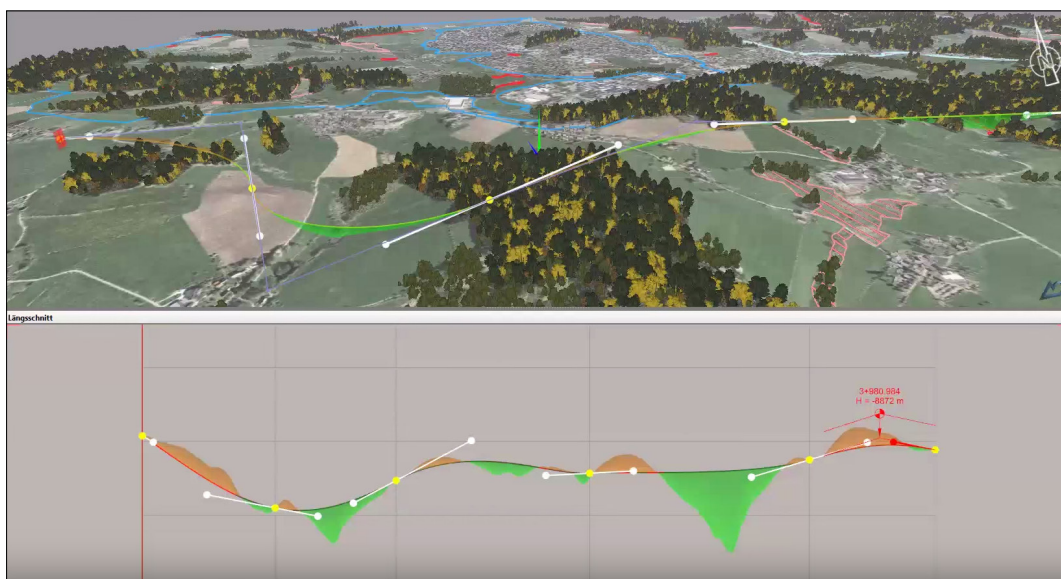
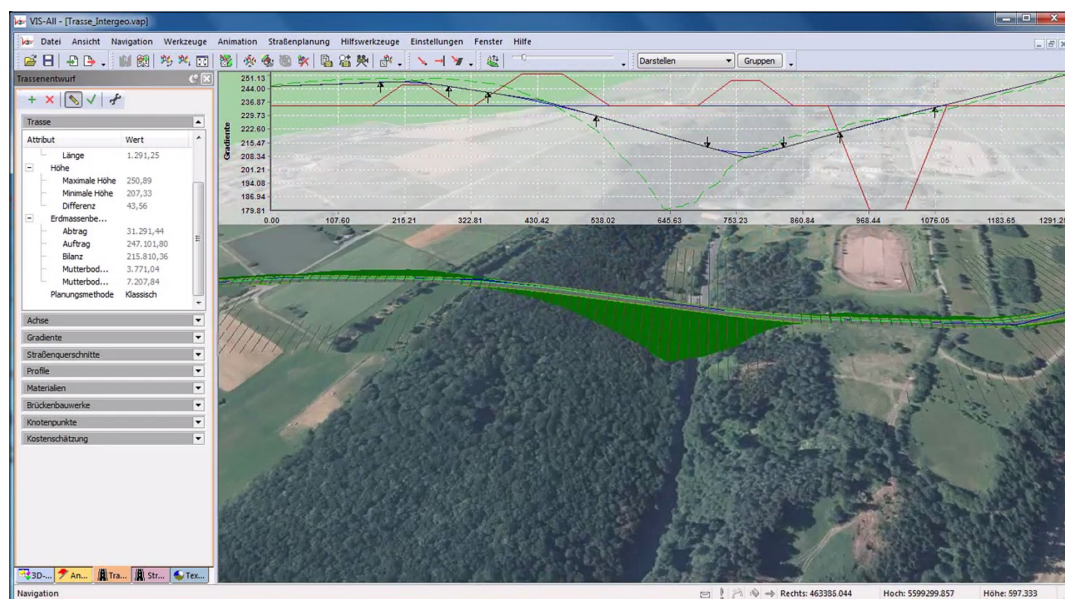


Рис. 10. Редактирование продольного профиля дороги в системе KorFin

Рис. 11. Главное окно системы VIS All 3D



Так же, как и при трассировании, редактирование продольного профиля доступно с помощью классических элементов или сплайнов (рис. 10). Конструкция дороги назначается уже после создания трассы. Для этого используются шаблоны поперечного профиля на основании российских и международных стандартов.

В зависимости от рельефа местности автоматически создаются мостовые и тоннельные сооружения, стоимость которых учитываются при расчёте общей стоимости дороги наряду со стоимостью земляных работ, искусственных сооружений, дорожной одежды и пр.

Для целей презентации могут быть подготовлены изображения проекта и видеоролики проезда по дороге с возможностью сохранения в файл AVI. Данные итоговой модели могут быть экспортированы в файлы 3D-моделей OBJ, точек местности ASC, TXT, чертежи PRO, DXF, точек линий CSV, полигонов в плане и по высоте POL, GEL, шейп-файлы ESRI.

VIS All 3D (Software-Service John GmbH, Германия)

Система VIS All 3D также предназначена для концептуального проектирования инженерных объектов и позволяет составлять эскизы автомобильных дорог в трёхмерном виде (рис. 11) [8].

Исходная модель в программе создаётся на основе различных типов файлов, таких как DGM, DOP, шейп-файлы ESRI, облака точек

GEOgraf, CityGML, DXF, DWG, а также растровых данных.

Для выполнения эскизных проектов дорог используется модуль 3D Trassenentwurf Straße, который приобретается дополнительно к основному пакету продуктов. Трассирование дороги выполняется в 3D-виде с использованием тангенциального хода на основе исходных параметров дороги, таких как шаблон поперечного профиля, расчётная скорость, предельные радиусы в плане и допустимые вертикальные уклоны.

При трассировании продольный профиль дороги автоматически подстраивается под рельеф в месте проектирования, а при необходимости он может быть наглядно отредактирован непосредственно в 3D-виде. Мосты и туннели в зависимости от рельефа задаются пользователем вручную.

Расчёт стоимости дороги производится в соответствии с объёмами работ и наличием искусственных сооружений, результаты расчёта в виде ведомости можно экспортировать в отдельный файл.

Для презентации вариантных решений система позволяет готовить видеоролики, а также снимки модели. Данные модели могут быть экспортированы в форматы CityGML, Google Earth, 3D DXF, LandXML, VRML или 3D PDF.

EngOnCloud.com (EngOnCloud Technologies, Канада)

EngOnCloud.com представляет собой полностью облачный сервис для созда-

ния концептуальных макетов инфраструктурных объектов: автомобильных, железных дорог, электрических сетей и пр. на основе интернет-карт. Программа подходит для небольших проектов, не требующих учёта влияния дороги на существующую инфраструктуру. На момент написания статьи сервис находился на этапе бета-тестирования (рис. 12) [9].

Трассирование дороги выполняется на онлайн-карте Google Maps с помощью тангенциального хода с автоматическим вписыванием радиусов. В настройках можно задать радиус по умолчанию, который будет применяться ко всем кривым. Радиус каждой кривой при этом можно корректировать вручную. Такая организация процесса увеличивает затрачиваемое на трассирование время, что, впрочем, не так существенно для небольших проектов, на которые ориентирован сервис.

Также в настройках трассы задаётся шаблон конструкции, определяющий количество и ширину полос движения, а также параметры других элементов конструкции, включая заложение откосов и толщины слоёв дорожной одежды. Изначально продольный профиль представлен линией, соединяющей крайние точки трассы, для изменения профиля требуется последовательно обозначить вершины профиля. Для анализа геометрии профиля в нём отображаются уклоны и обозначаются кривые с длиной, менее заданной в настройках.

При расчёте объёмов и стоимости работ учитывается небольшое число

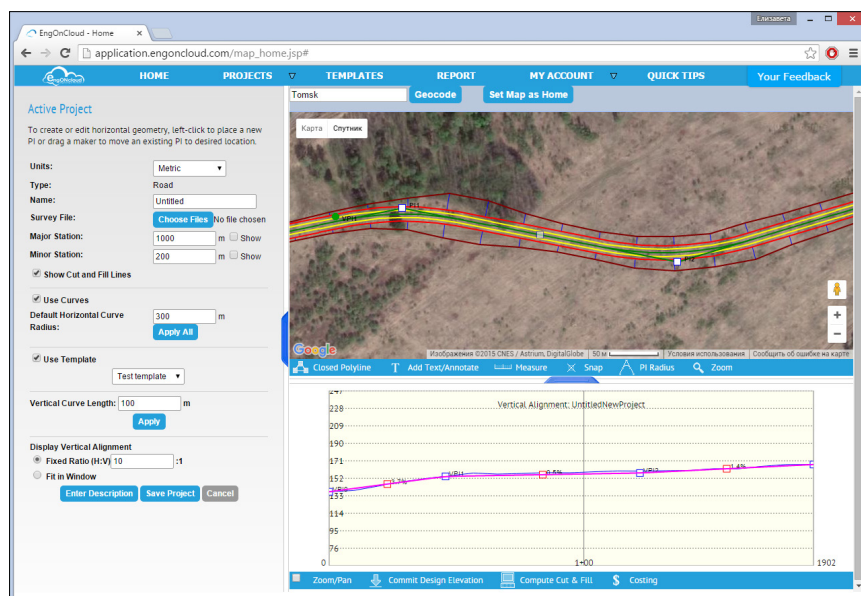


Рис. 12. Страница проекта системы EngOnCloud.com в окне браузера

параметров, включая стоимость дорожной одежды, насыпи и выемки. По результатам проектирования можно сформировать отчёт по проекту, который затем можно скачать в формате CSV. В нём отображены общие параметры дороги, параметры используемого шаблона, характеристики элементов трассировки и вертикального профиля, а также объёмы и стоимость работ.

В отличие от остальных программ, EngOnCloud не позволяет представить модель дороги в трёхмерном виде, поэтому при анализе и демонстрации проектного решения придётся использовать двумерное изображение, инструментов для загрузки которого также пока не реализовано. Возможности экспорта модели также скромны: проект можно экспортировать в форматы DXF и KML.

4. Заключение

Возрастающая популярность информационного моделирования привела к пробуждению интереса к эскизному проектированию. В настоящий момент ещё не успела сформироваться методологическая и техническая база, достаточная для ясного понимания того, какими принципами следует руководствоваться при разработке программных продуктов для использования на предпроектном этапе. По этой причине на рынке программного обеспечения пока не наблюдается широкого распространения подобных программ.

Обзор существующих программных решений показывает, что все они, так или иначе, позволяют решать основ-

ные задачи этапа, но не охватывают в полной мере реализацию всех процессов. В первую очередь, это касается основной составляющей этапа — экономической. Представленные на рынке решения учитывают стоимость лишь в пределах этапа строительства, не учитывая стадию эксплуатации. Такая ситуация не позволяет оценить полный экономический эффект от строительства автомобильной дороги и, соответственно, в полной мере обосновать инвестиции в строительство средствами программы.

Также вышесказанное справедливо и к существующим возможностям обмена данными модели между этапами: в идеале данные модели предпроектного этапа должны без потерь передаваться и использоваться на этапе проектирования. Но отсутствие чётких требований толкает производителей программного обеспечения к использованию собственных форматов, практически несовместимых с другими программными продуктами. Поэтому эффективность повторного применения модели на последующей стадии, не вызывающая сомнений при информационном моделировании зданий [10], пока не представляется возможной при информационном моделировании дорог. ■

Литература:

1. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.

2. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
3. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2.
4. Медведев В.И. Использование интернет-карт в САПР и ГИС в качестве подложек // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 119–125. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.18.
5. Preliminary Engineering & Design Software | InfraWorks 360 // Официальный сайт компании Autodesk. URL: <http://www.autodesk.com/products/infraworks-360/overview> (дата обращения: 01.10.2015).
6. Road Industry // Официальный сайт компании Trimble Navigation. URL: <http://www.trimble.com/Alignment/Road-Industry.aspx> (дата обращения: 01.10.2015).
7. Добро пожаловать! – Korfin // URL: <http://www.korfin.de/willkommen-ru.html> (дата обращения: 01.10.2015).
8. Trassenentwurf – Software-Service John GmbH // Официальный сайт компании Software-Service John. URL: <http://www.john-software.de/produkte/vis-all-3d/trassenentwurf> (дата обращения: 01.10.2015).
9. Conceptual Design Layout Software // Официальный сайт компании EngOnCloud Technologies. URL: <http://www.engoncloud.com/> (дата обращения: 01.10.2015).
10. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.3.

Обзор зарубежных САПР автомобильных дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.11

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

В статье даётся обзор некоторых зарубежных САПР автомобильных дорог, и рассматриваются основные возможности этих систем. В обзоре выделяются отличительные особенности САПР, а также тенденции развития зарубежных и отечественных САПР автомобильных дорог.

Введение

Выбор инструмента при решении какой-либо задачи во многом определяет итоговый результат. Системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог призваны помочь инженеру-проектировщику при принятии проектных решений, позволяя ему максимально увеличить производительность труда, реализовать свой творческий потенциал и в конечном итоге получить необходимый результат.

В настоящее время системы автоматизированного проектирования широко применяются на всех этапах проектирования, начиная со сбора и обработки геодезической информации и заканчивая подготовкой чертежей и сметных расчётов. Выбор той или иной системы на каждом из этапов зависит от многих факторов — это и вид проектной деятельности, и мас-

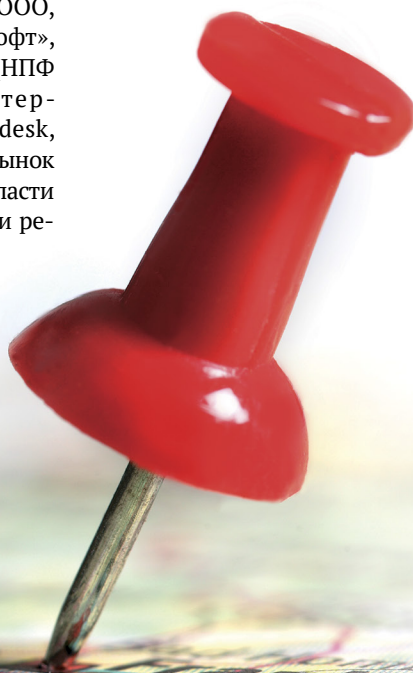
штабы реализуемых проектов, а иногда и просто сложившиеся в организации традиции.

Во многих случаях для выполнения всех проектных работ в организации бывает недостаточно использования программ, разработанных одной компанией, и тогда используются несколько программ разных разработчиков в комплексе. При таком подходе важно, чтобы программы умели «обмениваться» необходимыми данными.

Наиболее популярны в России на данный момент следующие программы: программный комплекс CREDO (СП «Кредо-Диалог» – ООО, г. Минск), IndorCAD («ИндорСофт», г. Томск), «Топоматик Robur» (НПФ «Топоматик», г. Санкт-Петербург), AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США). Они и делят российский рынок программного обеспечения в области дорожного проектирования. Эти ре-

шения хорошо известны российским инженерам, и поэтому в этой статье мы не будем останавливаться на них очень подробно.

В данной статье предлагается обзор зарубежных САПР автомобильных дорог, мало известных в России. Стоит отметить, что практически все представленные программы не используются российскими инженерами в проектной деятельности. Однако исследование различных САПР может быть очень полезным, поскольку оно позволяет сравнить функциональ-



ные возможности, используемые российскими и зарубежными инженерами, а также выделить основные тенденции в развитии программного обеспечения для проектирования автомобильных дорог.

Для исследования были выбраны следующие программные продукты: Plateia (CGS plus, Словения), Novapoint Road (VIANOVA Systems AS, Норвегия), SierraSoft Roads (SierraSoft, Италия), RoadEng (Softree, Канада), Anadelta Tessera (Anadelta Software, Греция).

Сразу стоит сказать, что все рассмотренные программные продукты оперируют одними и теми же терминами, описывающими модель дороги: план, продольный и поперечные профили, 3D-вид и прочее. Более того, концепция и технология геометрического проектирования дороги практически одинакова во всех продуктах.

Plateia (CGS plus LLC, Словения)

Компания CGS plus — европейский разработчик программного обеспечения. Начиная с 1990 года CGS plus разрабатывает и поддерживает семейство инженерных приложений для проектирования автомобильных дорог (Plateia), железных дорог (Ferrovia) и речных водных путей (Aquaterra).

Plateia — программное обеспечение, предназначенное для проектирования нового строительства и реконструкции автомобильных дорог всех категорий: от автомагистралей до городских улиц и проездов [1]. Система может работать на базе платформ AutoCAD, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Map 3D и BricsCAD.

В России система известна под брендом «GeoniCS Автомобильные дороги» и распространяется группой компаний CSoft.

Одной из особенностей системы является то, что её интерфейс переведён на несколько языков, включая русский. Кроме того, система поддерживает стандарты проектирования автомобильных дорог разных стран: Германии, Австрии, России, Польши, Греции, Болгарии, Румынии, Турции, Хорватии, Сербии, Словении.

Ещё одной отличительной возможностью системы можно считать удобный и многофункциональный модуль AutoPath, предназначенный для анализа движения автотранспорта в плане и по линии профиля.

Система Plateia предоставляет пользователю инструменты для выполнения типичной последовательности действий при проектировании автомобильной дороги, начиная с предварительной и заканчивая детальной проработкой проекта с формированием полноценной трёхмерной модели дороги.

Plateia доступна в трёх конфигурациях — Standard, Professional 3D, Ultimate 4D [2] — каждая следующая отличается повышенным набором функционала.

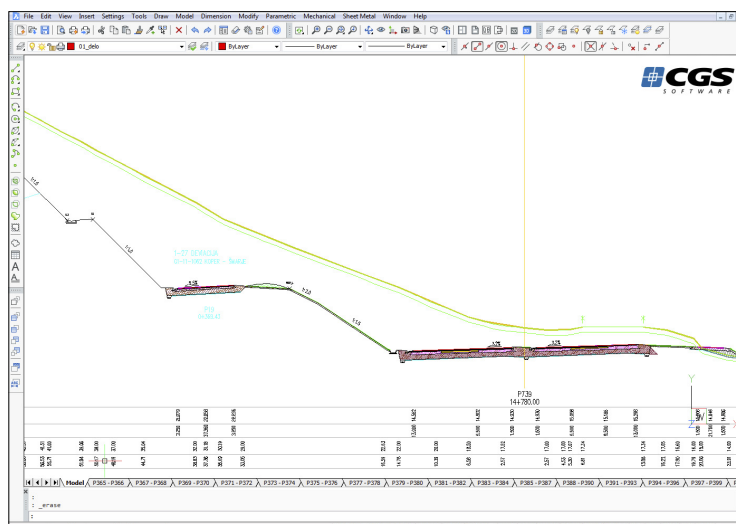


Рис. 1. Редактор поперечных профилей в системе Plateia

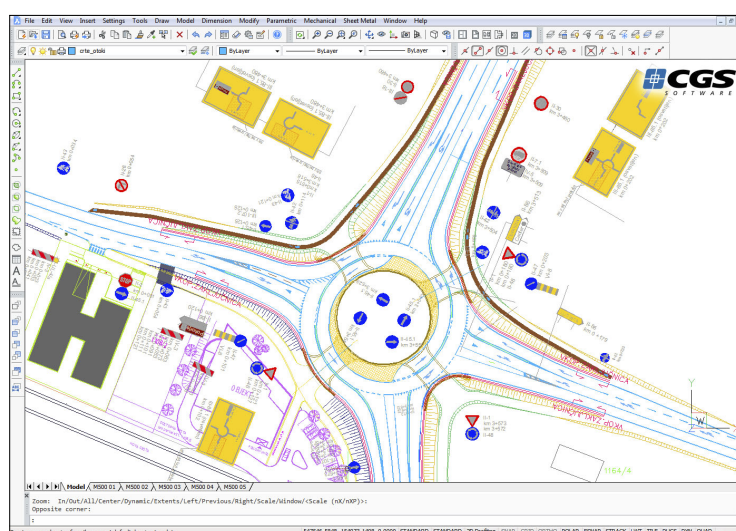


Рис. 2. Пример кольцевого пересечения в системе Plateia

Конфигурация Standard предоставляет типовой набор функций, характерный для любой САПР автомобильных дорог: импорт данных геодезических изысканий и лазерного сканирования, создание цифровых моделей местности, проектирование оси дороги в плане, проектирование продольного профиля и поперечных профилей (рис. 1), инструменты для реконструкции дорог, проектирования пересечений, в том числе кольцевых (рис. 2).

Возможности системы позволяют работать с очень большими объектами (например, объектами длиной более 100 км или объектами с количеством поперечных профилей более 1000). В системе Plateia достаточно хорошо проработан блок анализа проектного решения: возможен анализ видимости, длины тормозного пути, водоотведения. Также формируется график перемещения земляных масс.

Конфигурация Plateia Professional 3D отличается от Standard в первую очередь тем, что в ней



Рис. 3. Визуализация кольцевого пересечения в системе Plateia

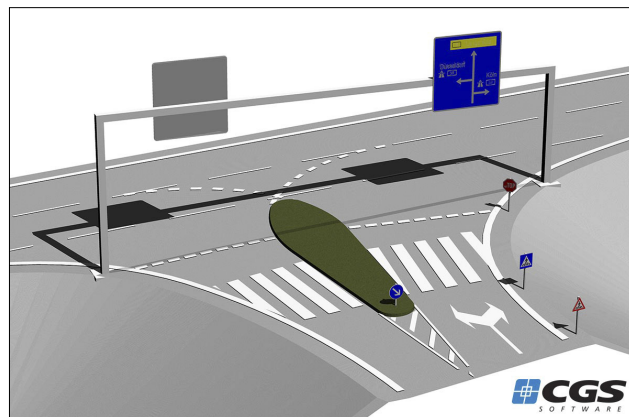


Рис. 4. Трёхмерная визуализация дорожных знаков и разметки в системе Plateia

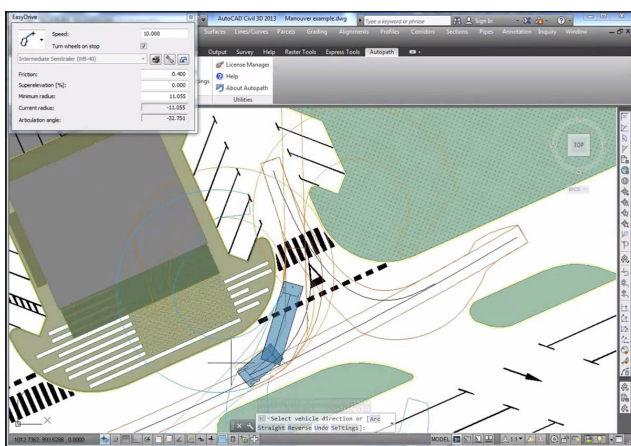


Рис. 5. Анализ траекторий движения транспортных средств в горизонтальной плоскости

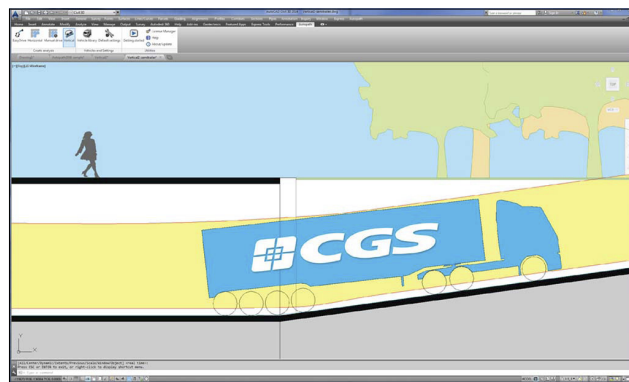


Рис. 6. Анализ траекторий движения транспортных средств в вертикальной плоскости

формируется цельная 3D-модель дороги (рис. 3). Также она содержит модуль Autosign, позволяющий автоматизировать процесс проектирования дорожных знаков и дорожной разметки, формировать трёхмерную визуализацию этих объектов, создавать знаки индивидуального проектирования (рис. 4).

О следующей конфигурации — Plateia Ultimate 4D — компания CGS plus заявляет как о «BIM-совместимой», т.е. поддерживающей технологический процесс проектирования в концепции BIM [3]. В дополнение к возможностям предыдущей комплектации она содержит:

- Функциональность, расширяющую возможности системы до BIM: под этим в Plateia подразумевается возможность формирования не только чертежей, но и ведомостей для последующего составления смет.
- Возможность обмена данными между программными продуктами посредством LandXML.
- Модуль Autopath Swept — набор инструментов для компьютерного моделирования перемещения транспортного средства с учётом его геометрии и различных ограничений, таких как скорость движения, сцепление

колес с дорогой, поперечный уклон [4]. С помощью данного модуля можно анализировать траектории движения транспортных средств в горизонтальной (в плане) и вертикальной (в профиле) плоскостях (рис. 5, 6). Заметим, что и в России уже есть аналогичные разработки, например, модуль расчёта коридоров движения транспортных средств в IndorCAD [5, 6].

Таким образом, система Plateia обладает весьма типичным функционалом для САПР автомобильных дорог, который вполне может быть перекрыт возможностями отечественных систем.

Novapoint Road (VIANOVA Systems AS, Норвегия)

Компания VIANOVA Systems является лидером в Скандинавии в области разработки программного обеспечения для проектирования объектов транспортной инфраструктуры. Novapoint — это линейка продуктов, которые используются как дополнительные модули для продуктов Autodesk. С 1988 года разработано уже более 25 приложений для проектирования объектов транспортной инфраструктуры [7].



Рис. 7. Продольный профиль в системе Novapoint Road

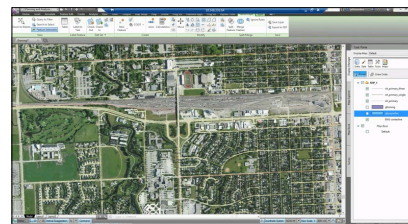


Рис. 8. Интеграция системы с Autodesk Map

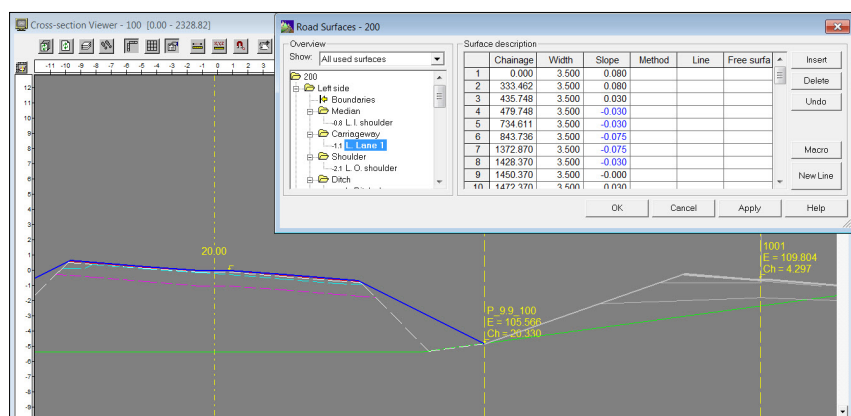


Рис. 9. Одновременное редактирование сечений двух дорог в системе Novapoint Road

Непосредственно для проектирования автомобильных дорог компания предлагает разработку Novapoint Road, которая представлена в двух комплектациях — Standard и Professional. Помимо этого, имеется модуль для проектирования дорожных знаков Novapoint Road Signs, модуль для проектирования дорожной разметки Novapoint Road Marking и ряд других. Novapoint Road — это инструмент для создания планов строительства автомобильных дорог всех категорий, улиц и пересечений. Он интегрирован с другими модулями Novapoint и может предоставить для них исходные данные, чтобы выполнить, например, проектирование водоотвода, проектирование мостов и туннелей и пр.

Novapoint Road состоит из следующих основных блоков: проектирование плана трассы, проектирование структуры дороги, проектирование пересечений, проектирование продольного профиля, вычисление объёмов, выпуск чертежей и 3D-представление.

Стоит отметить, что компания VIANOVA Systems не предоставля-

ет демонстрационные версии своих продуктов, а материалы рекламного характера, доступные на сайте компании, и небольшое количество обучающих видеороликов в свободном доступе дают лишь поверхностное представление о программе.

В системе Novapoint Road геометрия дороги в плане связана с её продольным профилем, и это позволяет инженеру одновременно контролировать результаты проектирования оси трассы в плане, поперечные профили и 3D-вид дороги (рис. 7). Интеграция с Autodesk Map реализует современный подход к проектированию оси дороги (рис. 8).

Поперечные профили дороги, виражи и уширения генерируются на основе национальных стандартов дорожного проектирования. По параметрам, заданным пользователем, автоматически вычисляются кюветы, выемка и насыпь грунта. Также доступна функциональность по усилению и рациональному использованию существующей дорожной одежды [8]. Проектирование поперечных профилей может выполняться в рамках

расширенной модели, когда на одном поперечном профиле редактируются одновременно сечения нескольких дорог и может быть выполнена их взаимная увязка (рис. 9).

Система Novapoint Road ориентирована более всего на Северную Европу. Основным языком интерфейса — английский. Кроме того, в ней поддерживаются стандарты и языки скандинавских стран: Норвегии, Швеции, Дании, Финляндии.

Проектирование пересечений представлено функциями для создания кольцевых пересечений, Т- и Х-образных пересечений. Проектирование основано на предустановленных шаблонах и выполняется после задания ряда базовых параметров.

Novapoint Road содержит прямой экспорт в Novapoint Virtual Map — приложение, предназначенное для визуализации моделей, подготовленных в программах VIANOVA Systems, и выявления в этих моделях конфликтов (рис. 10).

Модель, подготовленная в Novapoint Road, может быть экспортирована

в файлы внутренних форматов или в LandXML.

Учитывая современные тенденции развития программного обеспечения, VIANOVA Systems разработала также новые решения для BIM для инфраструктуры — Novapoint^{DCM} (рис. 11) и Quadri^{DCM}. Они основаны на уже имеющихся в компании наработках, в том числе перечисленных выше Novapoint Road, Novapoint Virtual Map и пр.

Компания VIANOVA Systems смело заявляет о своих новых разработках как о «первом наборе технических средств, который делает возможным BIM для инфраструктуры» [9]. Среди основных возможностей они выделяют следующие:

- Novapoint^{DCM} основан на информационном моделировании, позволяющем в течение всего жизненного цикла объекта повторно использовать инфраструктурные данные: в планировании, проектировании, строительстве и содержании.
- Информация из Novapoint^{DCM} может быть использована в других системах, поддерживающих открытый формат обмена данными GML.
- Quadri^{DCM} — облачная платформа, обеспечивающая совместную работу над одним проектом и позволяющая интегрировать разные данные в единую BIM-модель.

Нельзя не отметить, что в различных презентационных материалах нового продукта для информационного моделирования подробно демонстрируется лишь этап проектирования объектов инфраструктуры, а процесс строительства и содержания не освещается в должной мере.

SierraSoft Roads (SierraSoft S.R.L., Италия)

Итальянская компания SierraSoft специализируется на разработке программного обеспечения для задач изыскания, проектирования и строительства гражданских объектов.

Продукты компании представлены более чем в 15 странах через сеть официальных дистрибьютеров. Сами программы и техническая поддержка доступны на различных языках (к сожалению, в этом списке нет русского языка). Архитектура программных продуктов компании позволяет

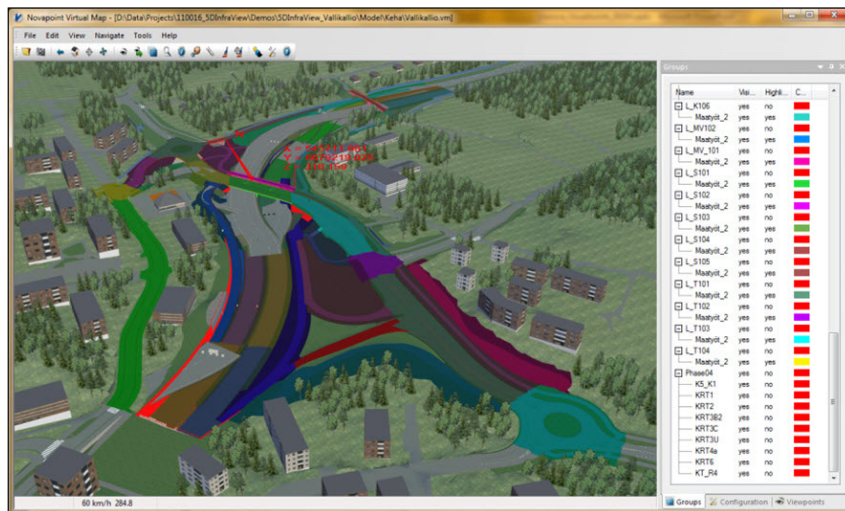


Рис. 10. Модуль для визуализации проектных решений Novapoint Virtual Map

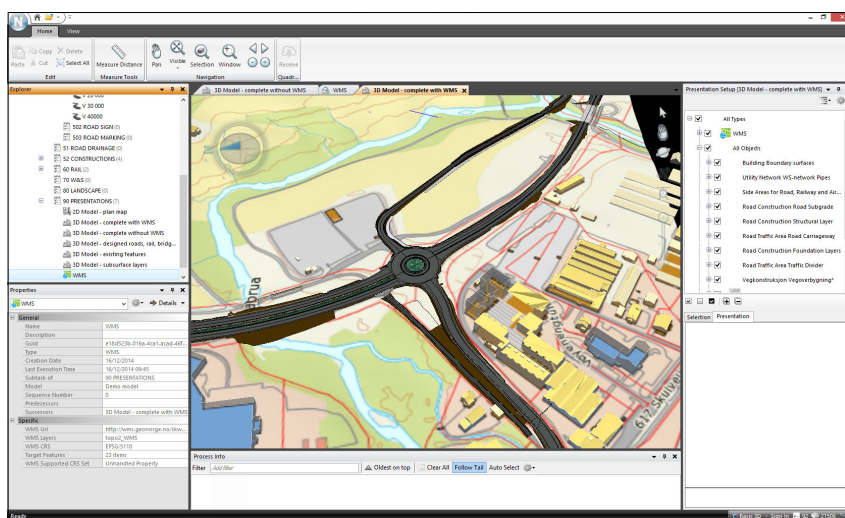


Рис. 11. Интерфейс системы Novapoint^{DCM}

адаптировать их под местные нормы и правила.

Первое поколение системы проектирования дорог ProSt вышло в 1992 году. Новое поколение системы для проектирования дорог SierraSoft Roads было анонсировано в 2014 году, а релиз вышел в 2015 году.

Отличительной особенностью программного комплекса Sierra Roads для проектирования автомобильных дорог можно назвать новую платформу M3 Framework, на которой построен нестандартный интерфейс программных систем компании SierraSoft. В системе отсутствуют вкладки и главное меню. Инструменты представлены в виде небольшого количества сгруппированных кнопок создания объектов. При

этом все операции по редактированию и анализу проекта вынесены в специализированную область, где в виде таблиц представлены элементы активной трассы (рис. 12).

В программных продуктах SierraSoft поддерживаются динамически загружаемые объекты, которые помогают держать в памяти только те данные, которые непосредственно в текущий момент используются в программе. Это позволяет работать с большими файлами исходных данных и снимает ограничение на объём оперативной памяти [10].

Проектирование оси в SierraSoft Roads реализовано через построение последовательности сопряжённых элементов. Это довольно удобно в случае, если изначально понятны условия

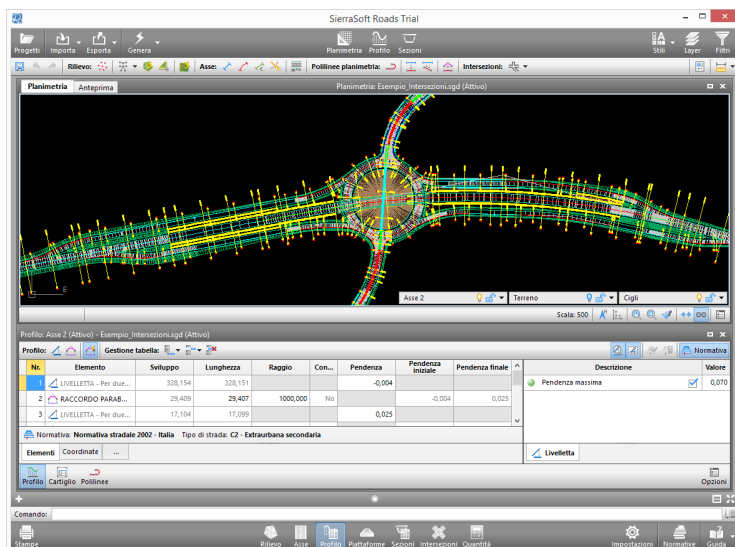


Рис. 12. Интерфейс главного окна системы SierraSoft

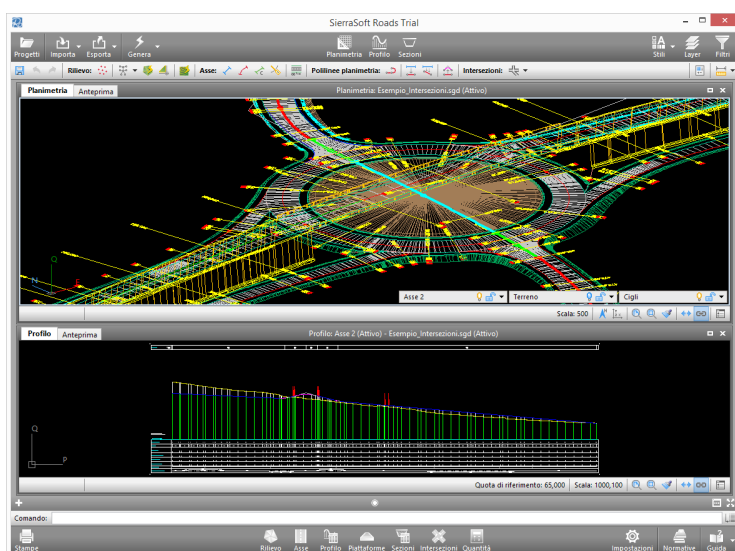


Рис. 13. Кольцевое пересечение, запроектированное в системе SierraSoft

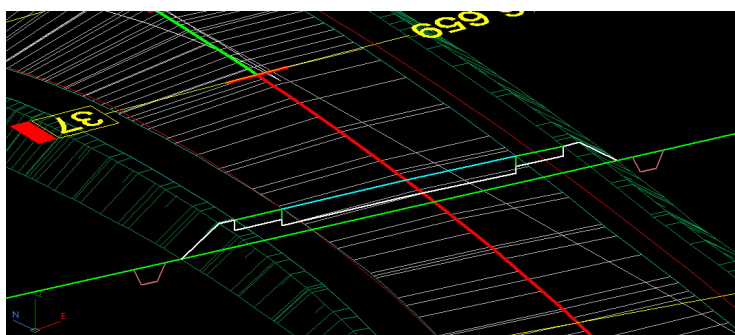


Рис. 14. Режим совместного просмотра плана трассы и структуры поперечного профиля

проектирования: радиусы, направление движения и т.д. Однако если проектировщику необходимо постоянно менять плановое положение оси, добиваясь оптимальной конфигурации, такой подход вызовет довольно сильные затруднения.

В программе очень удобно проработаны инструменты построения примыкания и сопряжений (рис. 13). Много информации выводится и редактируется в табличном виде. Присутствует удобная и универсальная библиотека поперечных профилей и дорожной одежды.

Ещё одной особенностью Sierra Roads является возможность вращения плана трассы в трёхмерном пространстве и просмотра проектного решения в «проволочном» виде. При этом можно включить специальный режим просмотра выделенного поперечного профиля, при активации которого наглядно отображается проектная поверхность и конструкция дорожной одежды (рис. 14).

SierraSoft Roads обладает обширными функциями по анализу проектного решения (соответствие нормам в плане, профиле, график видимости и пр.). В виде таблиц выводятся площади и объёмы земляных работ и дорожной одежды.

Компания SierraSoft позиционирует свой продукт как «BIM-совместимый». Он содержит функциональные и материальные характеристики разных частей проекта и может быть использован как база данных для предоставления знаний при решении взаимосвязанных задач в рамках всего этапа проектирования.

Также стоит отметить наличие в свободном доступе демонстрационной версии системы. Однако техническая поддержка и обучение работе с программой в России пока не доступны.

RoadEng (Softree Technical Systems Inc., Канада)

Softree Technical Systems Inc. — небольшая компания, расположенная в Канаде. Своей миссией они считают создание доступного и простого в использовании программного обеспечения в области транспорта и гражданского строительства.

Программный комплекс для проектирования автомобильных дорог состоит из трёх продуктов:

- Terrain Tools 3D — для создания трёхмерных моделей местности.
- RoadEng — для проектирования автомобильных дорог.
- Softree Optimal — для поиска оптимального продольного профиля дороги по критерию наименьшей стоимости.

На рынке программного обеспечения комплекс представлен с 2006 года. Основная целевая аудитория пользователей — это США, Канада и Европа [11].

Исходные данные для построения модели рельефа могут быть импортированы из фай-

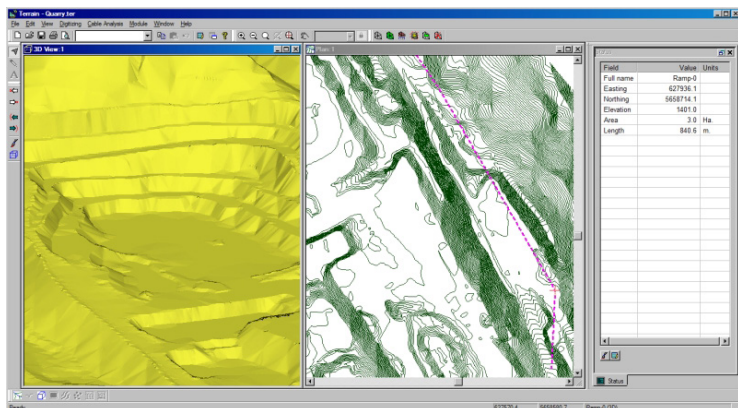


Рис. 15. Отображение поверхности в программе Terrain Tools 3D

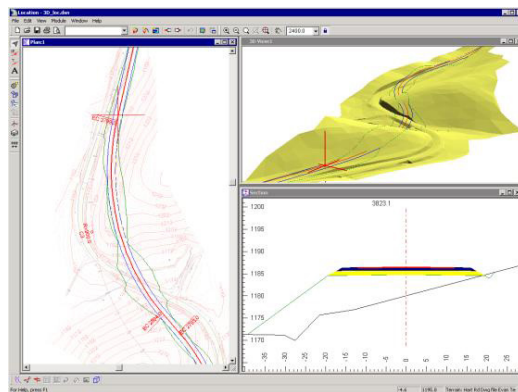


Рис. 16. Отображение взаимосвязанных окон в системе RoadEng

лов различных форматов, включая GPS, DWG, GIS-данные и растровые изображения (рис. 15). Программа позволяет управлять огромными массивами точек, такими как облака точек лазерного сканирования.

Рабочая область представляет стандартный набор из четырёх рабочих окон: план, продольный профиль, поперечный профиль и данные. Все окна взаимосвязаны — любые изменения, сделанные в одном из окон, сразу же отображаются в других. При создании плана трассы можно сразу контролировать положение подошв откосов, границ полос отвода, уклонов и объёмов (рис. 16).

RoadEng — это простая и удобная в работе программа, обладающая минимальным набором функций для проектирования линейно-протяжённых объектов. Программа больше подходит для выполнения небольших по масштабу проектов. Совместимость с другим программным обеспечением реализована через использование LandXML.

В программе RoadEng широко используются шаблоны для выполнения типовых операций. Редактор шаблонов позволяет моделировать ти-

повые поперечные профили, задавая кюветы, дорожную одежду, материалы основания, полосы уширения, бортовые камни, тротуары [12].

Интересным решением является программа Softree Optimal, которая может использоваться совместно с RoadEng. Она позволяет выполнять поиск оптимальной геометрии продольного профиля оси дороги по критерию наименьшей стоимости.

Softree Optimal работает на основе данных о существующей поверхности, положения оси дороги в плане, структуры поперечных профилей и некоторых параметров проектирования. Данные о поверхности и положении трассы в плане могут быть импортированы из внешних файлов, например XML, или созданы в RoadEng.

При поиске наилучшего решения формируется оптимальный план перемещения земляных масс с минимизацией стоимости перемещения материалов [13]. Также минимизируются объёмы насыпи и выемки (рис. 17).

В России программное обеспечение компании Softree не представлено.

Anadelta Tessera (Anadelta Software, Греция)

Anadelta Software — это греческая компания с многолетним опытом разработки программного обеспечения для проектирования автомобильных дорог. Она была основана в 1993 году. Главный продукт компании — программа Anadelta Tessera — широко распространён в Греции.

Программа отличается дружелюбным интерфейсом и позволяет решать все основные задачи, возникающие при проектировании автомобильных дорог. Интерфейс программы доступен на английском, французском и греческом языках.

Работа в программе Anadelta Tessera организована по принципам, присущим большинству распространённых САПР, — она выполняется в нескольких рабочих окнах (план, продольный профиль, поперечные профили, 3D-вид).

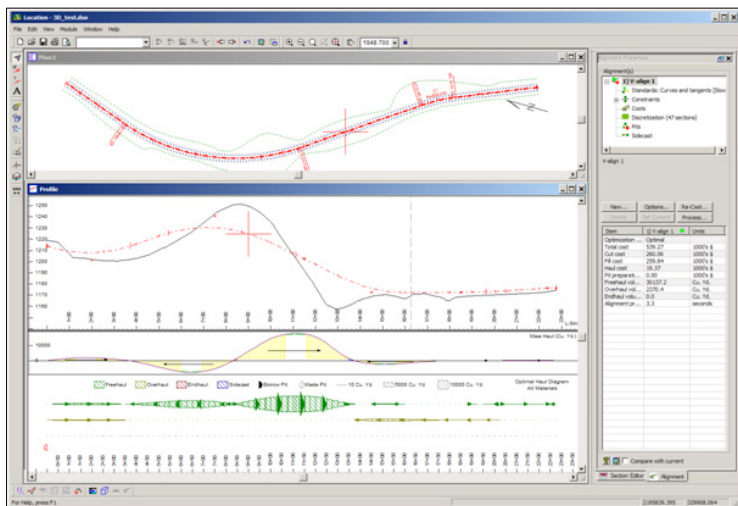


Рис. 17. Интерфейс системы Softree Optimal

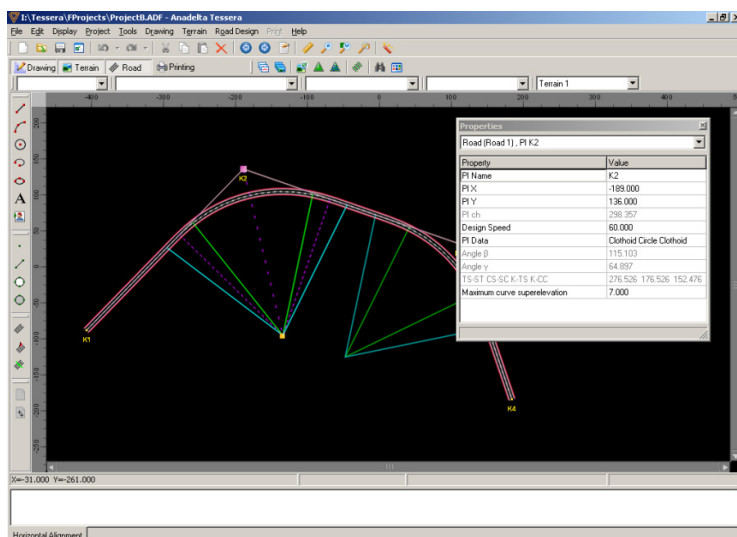


Рис. 18. Проектирование плана трассы в программе Anadelta Tessera

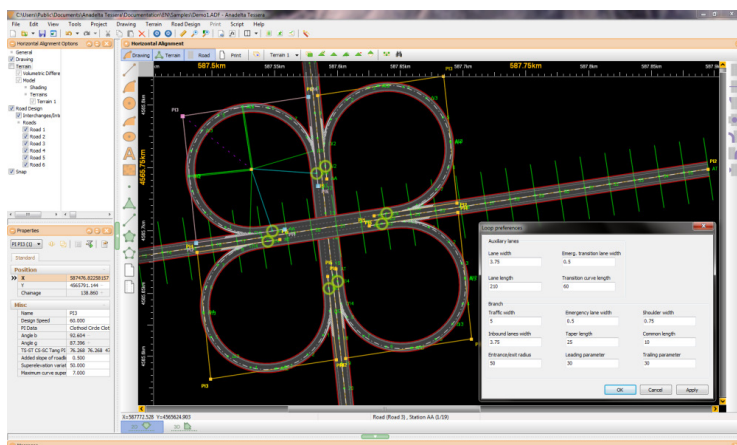


Рис. 19. Создание развязки типа «клеверный лист» в программе Anadelta Tessera

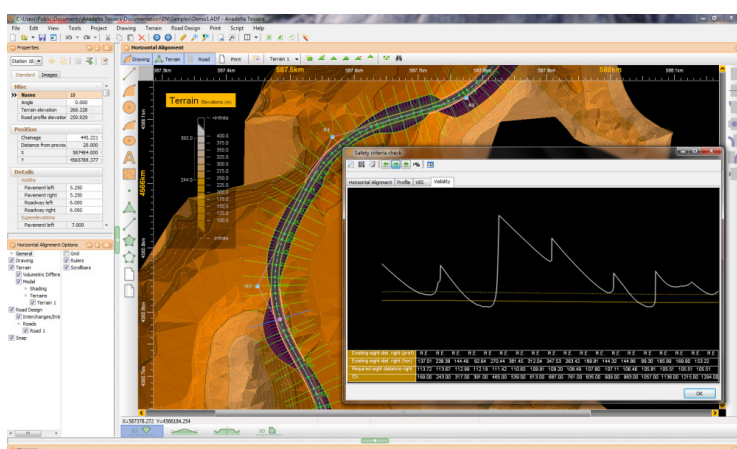


Рис. 20. Анализ видимости в программе Anadelta Tessera

Плановая геометрия трассы может быть определена несколькими способами: визуально на плане, путём импорта данных из текстового файла или заданием необходимых координат в специальной таблице (рис. 18). При трассировании в плане работает наглядная система оповещений об ошибках.

В программе Anadelta Tessera традиционные принципы трассирования в плане расширены возможностью создания составных кривых, получаемых объединением двух последовательно идущих друг за другом вершин. Данный тип вершин используется для моделирования крутых поворотов под острым углом и последовательности «клотоида — круговая кривая — клотоида — круговая кривая — клотоида». Такая вершина воспринимается системой как единое целое, и при редактировании какого-либо параметра пересчитываются все остальные [14].

Также в системе реализованы параболические кривые (парабола — круговая кривая — парабола). Они используются преимущественно при проектировании железных дорог.

Модуль формирования поперечных профилей проработан очень подробно. Базовый сценарий проектирования предполагает использование типовых поперечных профилей, которые при необходимости могут быть изменены. Типовые поперечные профили поддерживают дороги с двумя проезжими частями, а также исчерпывающий набор элементов, таких как укрепления кюветов, водоотводные лотки, ограждения New Jersey и пр.

Одной из своих самых сильных сторон разработчики системы Anadelta Tessera считают простое и удобное создание развязок в автоматическом режиме (рис. 19). При создании развязки пользователь указывает точки слияния и разделения потоков, и при этом система создаёт полосы разгона и торможения с учётом параметров дорог и заданных ограничений. Далее система выполняет автоматическую синхронизацию поперечных профилей основных дорог и съездов. Для анализа развязки можно сформировать составной поперечный профиль, показывающий одновременно сечение основной дороги и съезда.

Anadelta Tessera может вычислять необходимые расстояния видимости в соответствии с заданной расчётной скоростью. Кроме этого, анализируется видимость в выемке: программа рисует кривые видимости и вычисляет требуемое пространство, необходимое для обеспечения видимости (рис. 20). Также программа может сама внести необходимые модификации в проект (например, существующую поверхность), чтобы обеспечить видимость.

Модуль 3D-изображения является частью CAD-платформы Tessera [15]. Он доступен на любом этапе проектирования. Анализируя модель дороги в 3D-виде, можно получать подробные данные

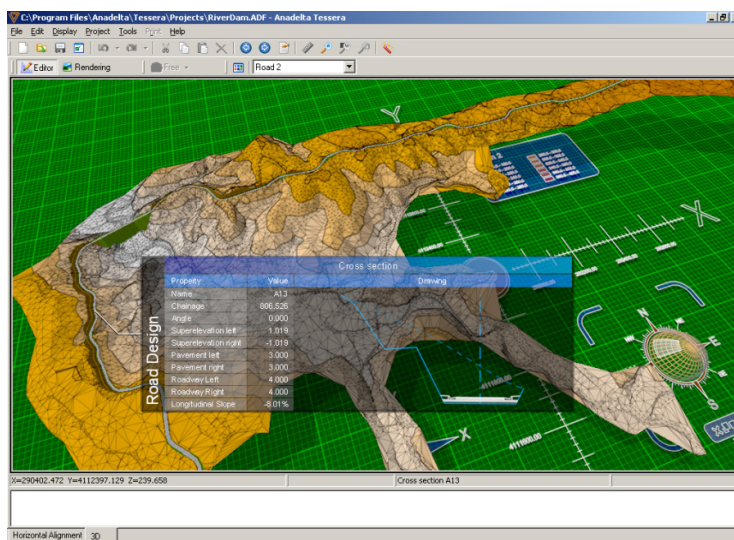


Рис. 21. Анализ проектного решения в 3D-виде программы Anadelta Tessera

об исходной поверхности и структуре поперечных профилей дороги (рис. 21).

В режиме рендеринга Anadelta Tessera отображает также дополнительную инфраструктуру дороги: ограждения, подпорные стенки, освещение, дорожную разметку и пр. Для большей реалистичности настраивается время суток и погодные условия (рис. 22).

Заключение

Нетрудно заметить, что даже выборочный анализ некоторых программных решений в области САПР автомобильных дорог уже позволяет выделить основные тенденции развития в дорожном проектировании. Постепенно уходят в прошлое те времена, когда САПР конкурировали между собой, пытаясь предоставить пользователям как можно больший набор инструментов для решения (в идеале) 100% возможных задач, возникающих в процессе проектирования. И связано это в первую очередь с тем, что практически все системы на данный момент уже обладают необходимым функционалом для выполнения широкого круга задач проектирования. В одной системе чуть более удобны одни инструменты, в другой — другие. Поэтому выбор подходящей САПР порой переходит в плоскость субъективного восприятия системы, где немаловажную роль играет удобный и дружелюбный интерфейс системы, простота освоения, а также продуманная и логичная технология работы.

Складывается впечатление, что в настоящее время главным способом позиционирования САПР автомобильных дорог на рынке становится декларация «BIM-совместимости». Из перечисленных выше зарубежных САПР к таким себя относят Plateia, Novapoint Road и SierraSoft Roads. Таким образом разработчики программного обеспечения пытаются оставаться востребованными в новых условиях, когда повсеместно обсуждается тема применения BIM к инфраструктурным объектам, и даже предпринимаются первые шаги

по разработке стандарта BIM для автомобильных дорог [16]. Более того, некоторые разработчики, такие как Autodesk и VIANOVA Systems заявляют уже о готовых «BIM-решениях», которые можно применять на протяжении всего жизненного цикла автомобильной дороги.

К сожалению, в ходе анализа возможностей САПР не удалось выявить четкие критерии, позволяющие отнести ту или иную систему к «BIM-совместимой». Так, разработчики перечисленного выше программного обеспечения, причисляя себя к «BIM-совместимым», говорят о следующих функциях: автоматическое формирование ведомостей, возможность обмена данными между программными продуктами посредством LandXML, работа (и хранение данных) в облаке, параметрическая модель данных. При этом каждый разработчик на данный момент «сам выбирает» для себя те возможности, которые и отнесут его разработки к сфере BIM. Это подтверждает аналогичное мнение в [17].

Несмотря на это, по-прежнему на рынке программного обеспечения представлены и те системы, которые позиционируют себя как «чисто САПР-системы» (RoadEng, Anadelta Tessera). Однако и они пытаются не отставать от лидеров и встроиться в технологическую цепочку BIM-проектирования, поддерживая популярные обменные форматы (например, LandXML).

Возвращаясь к перечисленным в начале статьи программным продуктам, разрабатываемым в России, стоит отметить, что наиболее близки из них к «BIM-совместимости» разработки компании «ИндорСофт», поскольку они представляют собой целый спектр непротиворечивых решений для всех стадий жизненного цикла дороги от проектирования до строительства и эксплуатации [18]. При этом и другие отечественные системы (Топоматик Robur и программный комплекс CREDO) также могли бы претендовать на титул «BIM-совместимости», т.к. имеют параметрические модели, формируют ведомости,

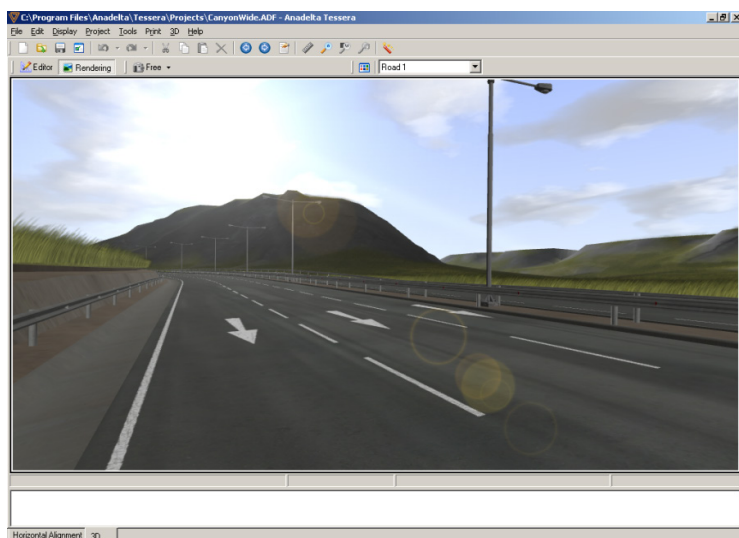


Рис. 22. 3D-изображение в программе Anadelta Tessera в режиме рендеринга

обмениваются данными в открытых форматах [19, 20].

В заключение хотелось бы заметить, что какой бы путь развития ни избрали современные САПР-системы, главное, чтобы в итоге выгоду из этого извлекли основные участники этого процесса — конечные пользователи программных продуктов. ■

Литература:

1. Plateia 2016 — BIM-ready, 3D road design solution // CGS plus official website. URL: <http://www.cgsplus.com/Software/Plateia.aspx> (дата обращения: 16.09.2015).
2. Plateia by CGS plus. Professional Software for Road Design and Road Reconstruction. URL: http://www.cgsplus.com/Portals/3/Products/Civil%20Engineering%20design/Plateia/2016/Plateia_2016_bruchure_ENG.pdf (дата обращения: 16.09.2015).
3. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2.
4. Степанов Д.Н., Пеньков А.А. GeonICS Траектории движения (Autorpath) — решение для анализа перемещения транспортных средств // Геопрофи. 2013. № 2. С. 58–60.
5. Скворцов А.В., Байгулов А.Н., Мотуз В.О. Траектории движения и расчёт динамических коридоров транспортных средств в IndorCAD/Road // Дорожная держава. 2012. № 43. С. 30–33.
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. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.5.
7. About Vianova Systems // Vianova Systems official website. URL: <http://www.vianovasystems.com/About-Vianova-Systems#.Vgy1PPntIbc> (дата обращения: 18.09.2015).
8. Novapoint Road Professional // Vianova Systems official website. URL: <http://www.vianovasystems.com/Products/NovapointDCM/Novapoint-Road-Professional#.Vgy00vntIbc> (дата обращения: 18.09.2015).
9. NovapointDCM // Vianova Systems official website. URL: <http://www.vianovasystems.com/Products/>
10. NovapointDCM#.Vgy2sPntIbc (дата обращения: 21.09.2015).
11. SierraSoft Roads // SierraSoft official website. URL: <http://www.sierrasoft.com/en/products/roads/roads.asp> (дата обращения: 20.09.2015).
12. Softree official website. URL: http://softree.com/Company/Company_Softree.aspx (дата обращения: 25.09.2015).
13. RoadEng® Road Design Software // Softree official website. URL: http://softree.com/Products/Civil_RoadEng.aspx?App=Civil&Menu=Products (дата обращения: 25.09.2015).
14. Corridor alignment optimization. URL: http://softree.com/Brochures_WhitePapers/SoftreeOptimal_Info.pdf (дата обращения: 25.09.2015).
15. Anadelta Tessera / Corridor Planning // Anadelta software official website. URL: <http://www.anadelta.com/index-en.php?s=road> (дата обращения: 27.09.2015).
16. Anadelta Tessera / 3D // Anadelta software official website. URL: <http://www.anadelta.com/index-en.php?s=3d> (дата обращения: 27.09.2015).
17. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
18. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
19. Петренко Д.А., Субботин С.А. BIM-решения «ИндорСофт» для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 100–107. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.15.
20. Величко Г.В. Как развивать отечественные технологии информационного моделирования дорог? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 13–19. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.2.
21. Овчинников М.А., Вершков А.А. Проектирование развязок в программном комплексе «Топоматик Robur» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 94–98. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.14.

Выбор автоматизированной системы для проектирования мостовых сооружений

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.12

Райкова Л.С., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)
Акимов М.Б., главный инженер проекта ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Рассматриваются основные автоматизированные системы, используемые российскими инженерами для проектирования мостовых сооружений. Проводится анализ программных продуктов, их возможностей и преимуществ, которые с их помощью может получить проектировщик.

На территории Российской Федерации насчитывается более 1 миллиона мостов, из них 27 — длиной более 1,5 км [1]. Проектирование мостовых сооружений требует высокой точности расчётов и учёта множества факторов и влияний (температурных, сейсмических и пр.). К мостам предъявляются высокие требования обеспечения

надёжности и долговечности [2], ведь от этих характеристик моста напрямую зависит безопасность человека. Очевидно, что при таком положении вещей выбор инструмента для автоматизированного проектирования мостов является чрезвычайно важным.

Для проектирования и расчёта мостов могут использоваться универсальные расчётные комплексы, работающие по методу конечных

элементов (МКЭ), давно и прочно завоевавшие уважение инженеров-проектировщиков, различные САПР, ориентированные на создание объектов гражданского строительства, а также специализированные системы, предназначенные для проектирования и расчёта мостовых конструкций. На первый взгляд может показаться, что сфера применения и функции всех этих систем практически одинаковы, однако это не совсем так.

- Крупные расчётные комплексы МКЭ (ANSYS, NASTRAN, COSMOS и т.д.), хотя и могут быть полезны для решения некоторых задач, связанных с расчётом и анализом мостовых конструкций, в целом не ориентированы на проектирование мостов. Такие комплексы, несмотря на мощный функ-



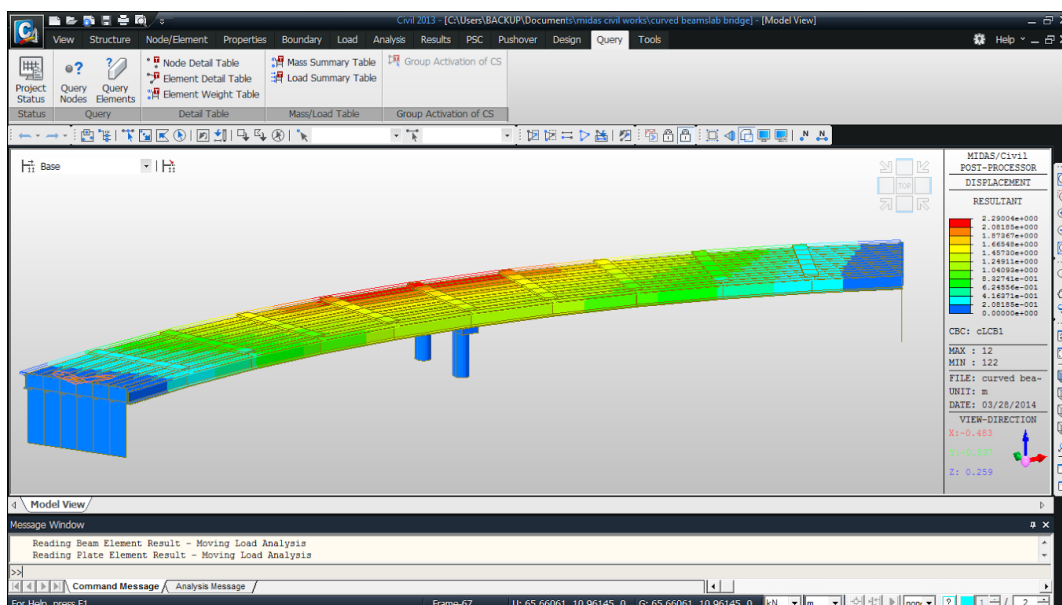


Рис. 1. Поверхности влияния в системе midas Civil 2013

ционал, не позволяют, например, строить линии влияния для расчёта на подвижные нагрузки и выполнять некоторые другие специфические расчёты [3]. Таким образом, из-за отсутствия специальных возможностей их можно рассматривать только как вспомогательные инструменты, а не как самостоятельные системы для проектирования мостов.

- САПР, предназначенные для создания объектов промышленного и гражданского строительства (Autodesk Revit, SCAD, ПК ЛИРА-САПР), по большей части ориентированы на проектирование зданий. Тем не менее, в состав многих из них входят отдельные модули

(например, модуль МОСТ комплекса ЛИРА-САПР), которые вполне успешно используются для проектирования и расчёта мостов, хотя иногда также страдают от недостатка функционала.

- Выбор систем, специально разработанных для проектирования мостов, довольно широк. Среди лидеров мирового рынка такие системы как midas CIVIL, SOFiSTiK, RM Bridge, CSiBridge, Novapoint Bridge и пр. Однако не все из них подходят для проектирования в нашей стране (преимущественно, из-за неадаптированности к отечественным нормам) и не все имеют одинаковые возможности.

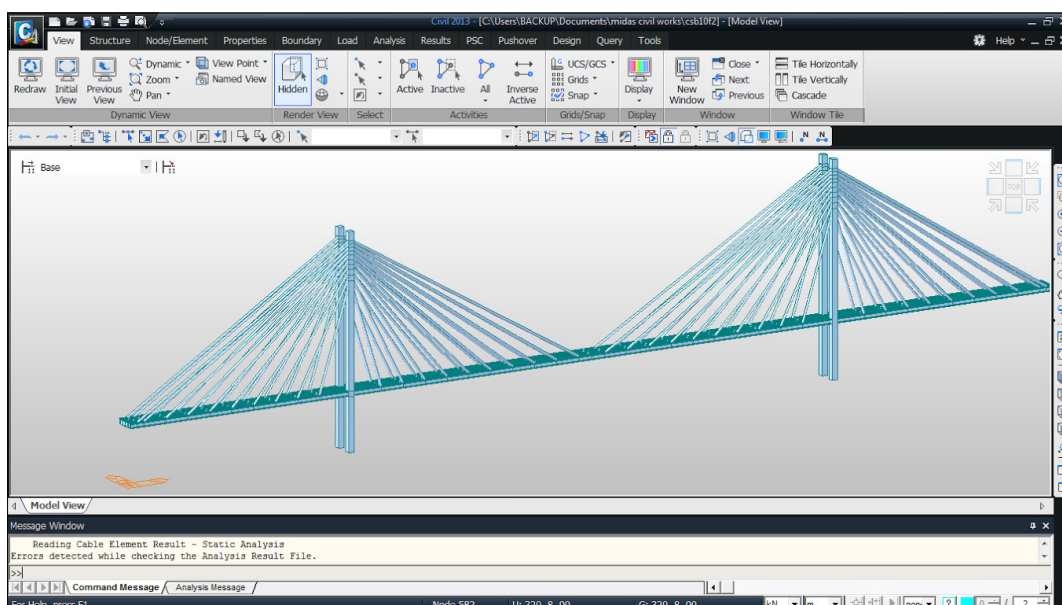


Рис. 2. Модель вантового моста в системе midas Civil 2013

В этой статье мы рассмотрим ряд программ, как специализированных, так и многопрофильных, наиболее часто используемых в России для проектирования мостов, и попробуем выяснить, чем руководствуются проектные организации, отдавая предпочтение той или иной системе.

Система midas Civil

Одним из лидеров среди программных комплексов, специализирующихся на задачах проектирования и расчёта мостов, можно назвать midas Civil (MIDAS Information Technology Co., Ltd., Южная Корея) [4]. Эта программа используется в России с 2003 года и уже успела заработать хорошую репутацию среди инженеров-мостовиков.

Главным образом пользователи отмечают интуитивно понятный и довольно «дружественный» интерфейс системы, логичную последовательность создания и расчёта конструкции моста, качественную 3D-визуализацию, позволяющую оценить конструкцию и увидеть, как она поведёт себя при тех или иных нагрузках (рис. 1).

Процесс формирования конечно-элементной расчётной модели в системе позволяют облегчить встроенные мастера для создания различных типов мостов: вантовых (рис. 2), висячих, конструкций с продольной подвижкой и пр. На каждом шаге мастера система запрашивает определённые параметры, на основании которых затем строится расчётная модель. Кроме того, имея уже готовую модель моста, созданную в AutoCAD (DWG/DXF-файл), проектировщик легко может импортировать её в систему и продолжить работу, не воссоздавая конструкцию «с нуля». Если

после импорта в исходный DWG/DXF-файл были внесены какие-либо изменения, их можно «доимпортировать» в уже существующую модель midas Civil.

Одним из наиболее важных критериев при выборе программы для проектирования и расчёта объектов гражданского строительства является возможность выполнения расчётов по российским нормам. Решение MIDAS получило сертификат соответствия СП 35.13330.2011 и СНиП 2.05.03–84 в 2012 году. С тех пор расчёты по этим нормативным документам регулярно дополняются и улучшаются, в том числе и по запросу пользователей. Задание материалов стали и бетона и задание сечений также производятся в соответствии с российскими нормами.

Система позволяет создать несколько вариантов конструкции моста, рассчитать возможное поведение конструкции при различных нагрузках и воздействиях (в том числе температурных и сейсмических), а затем выбрать наиболее подходящий вариант. Расчёты стальных и железобетонных конструкций и сегментных пролётных строений могут выполняться с учётом методов и стадий возведения. Расчёт вантовых и висячих мостов производится с учётом нелинейности и подбором оптимальных усилий натяжения в элементах, работающих только на растяжение [5].

По результатам расчётов могут быть автоматически сформированы отчёты нужных типов с необходимой информацией. Например, может быть автоматизировано создание технического отчёта для экспертизы. В отчёте даётся подробное описание по всем критериям расчёта, выводится

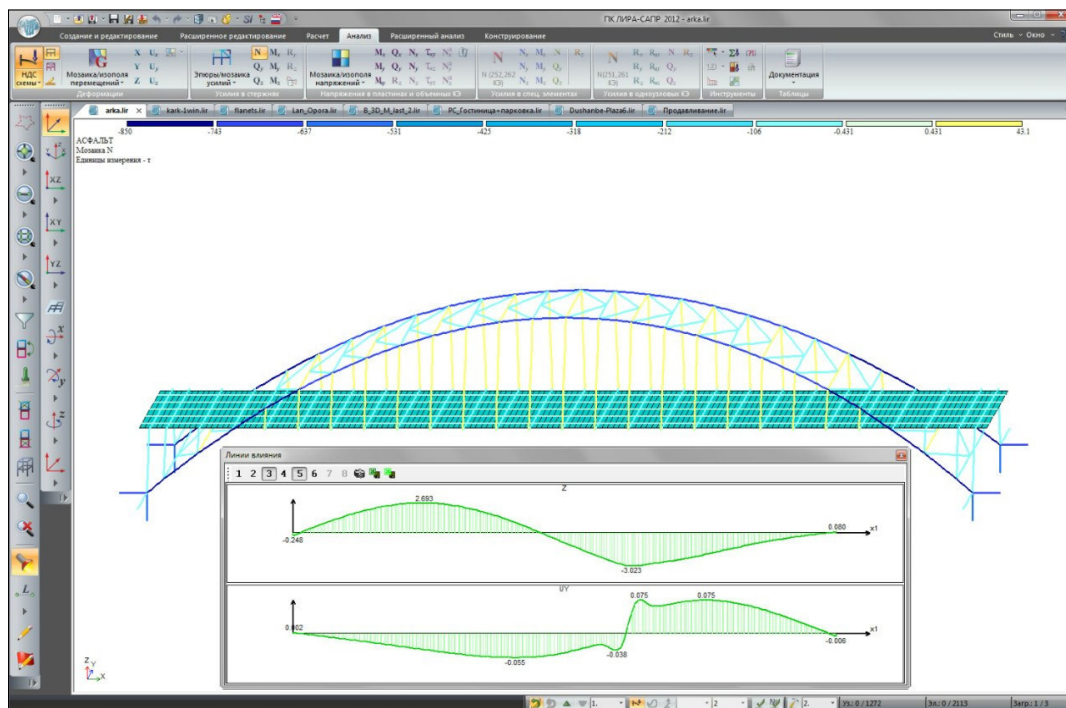


Рис. 3. Интерфейс ПК ЛИРА-САПР

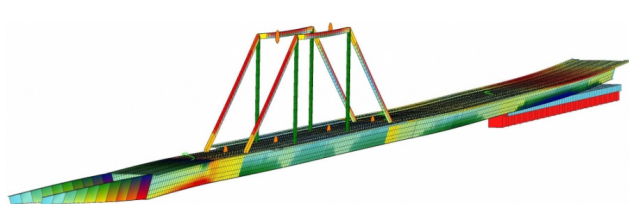
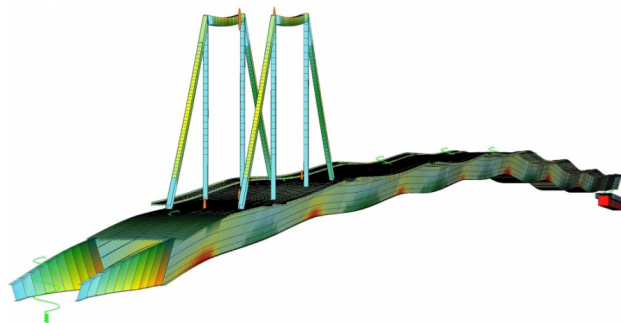


Рис. 4. Расчёт продольной подвижки пролётного строения моста в SOFiSTiK



расчётная схема сечения, показывающиеся промежуточные значения, подставляемые в формулы, подводятся итоги проверок по каждому критерию и сечению.

ПК ЛИРА-САПР

Программный комплекс ЛИРА-САПР (ООО «ЛИРА-САПР», Украина) почти не уступает по популярности midas Civil — в основном благодаря адаптированности к отечественным нормам. Он состоит из нескольких интегрированных модулей, предназначенных для расчёта различных строительных конструкций, в том числе и мостов (рис. 3).

Расчёты по российским СНиП реализованы в системе достаточно полно [6], по крайней мере — для типовых конструкций. С нетиповыми могут возникнуть затруднения (например, с расчётом устойчивости и выносиво-

сти для нетиповых профилей). Однако многие пользователи отмечают, что при отсутствии какого-либо расчёта всегда можно обратиться с запросом в службу технической поддержки, и через некоторое время пожелание будет реализовано.

Сам процесс расчёта и анализа конструкции в ПК ЛИРА-САПР более сложен по сравнению с midas Civil и многим проектировщикам может показаться запутанным. В частности, неудобной может оказаться необходимость задания при расчёте не нормативных, а расчётных нагрузок, которые зачастую неизвестны на этапе проектирования.

В системе ЛИРА-САПР также возможен обмен данными со сторонними приложениями, в том числе импорт моделей из DWG/DXF-файлов. Однако, если после импорта модель была изменена, снова загрузить её в уже су-

ществующий проект моста нельзя — каждый раз при импорте модель будет создаваться заново.

При сравнении двух вышеописанных систем может показаться, что преимущество явно на стороне midas Civil. Однако, несмотря на простоту и логичность работы с этой системой и более мощный по сравнению с комплексом ЛИРА-САПР функционал, многие проектировщики по-прежнему предпочитают использовать эти продукты в паре. Система midas Civil хорошо подходит для расчёта металлических и вантовых мостов, однако, например, не позволяет проектировать армирование железобетонных конструкций — в программе не производится расчёт арматуры по российским нормам. Для этих целей как раз и используются ЛИРА-САПР либо похожая на неё в плане функциональности система SCAD (ООО НПФ «СКАД СОФТ», г. Москва). Таким образом программы удачно дополняют друг друга и позволяют проектировать надёжные мостовые конструкции, соответствующие СНиП и способные пройти экспертизу.

SOFiSTiK

Ещё одно решение, набирающее популярность среди отечественных проектировщиков, — расчётный комплекс SOFiSTiK (SOFiSTiK AG GmbH, Германия) (рис. 4). Как и предыдущие рассмотренные системы, SOFiSTiK адаптирована к российским нормам и имеет соответствующий сертификат. Эта система предназначена скорее для опытных инженеров, так как для освоения всех её функций необходим довольно высокий уровень подготовки в области теории МКЭ. Кроме того, самостоятельно освоить систему и научиться максимально полно использовать её функционал очень трудно — она включает несколько модулей, подробная документация на ко-

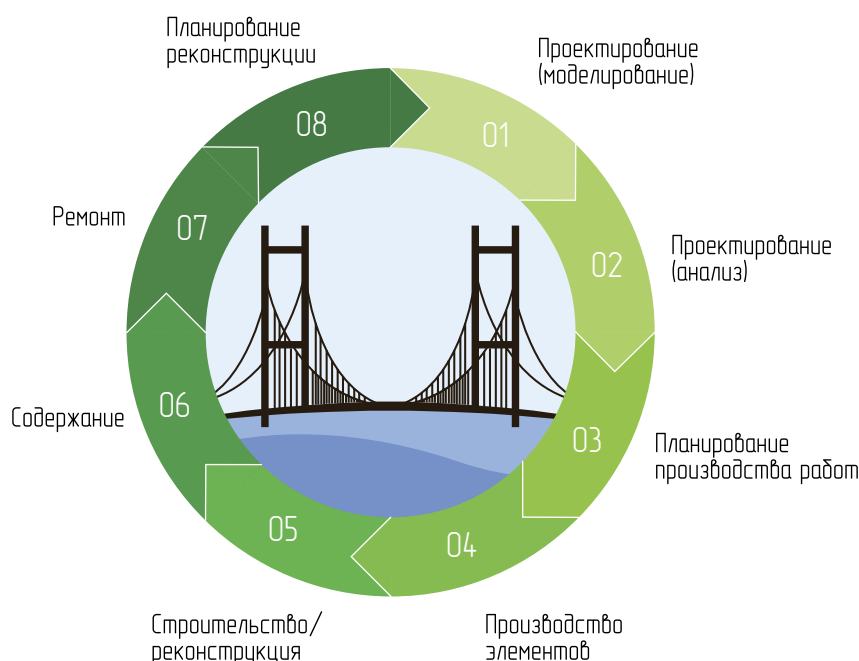


Рис. 5. Жизненный цикл моста

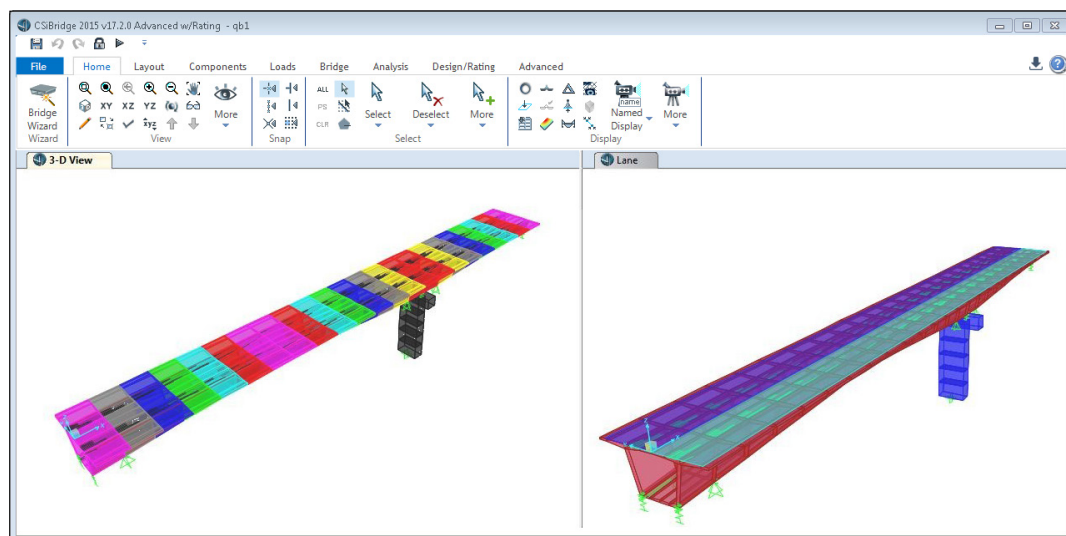


Рис. 6. Интерфейс системы CSiBridge

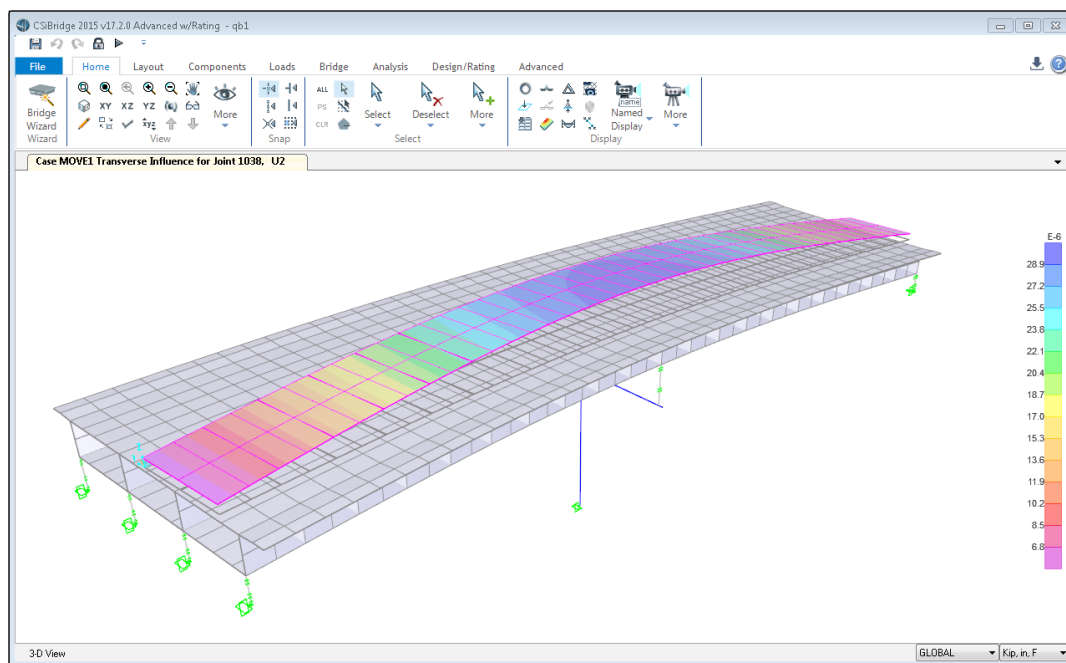


Рис. 7. Поверхности влияния для нагрузки, движущейся поперёк моста, в системе CSiBridge

которые зачастую содержит не одну сотню страниц. Поэтому специалистам, решившим начать пользоваться SOFiStiK, не обойтись без обучающих курсов и семинаров, которые регулярно устраивают представители компании в России.

Отличительной особенностью системы можно назвать встроенный язык программирования, позволяющий самостоятельно разрабатывать отдельные модули для расчёта нетиповых конструкций [7]. Это позволяет адаптировать систему под требования пользователя для каждого конкретного проекта и открывает широкие возможности по проектированию сложных и уникальных конструкций [8] при условии глубокого погружения в систему и хорошей теоретической подготовки.

Тем не менее, подход, подразумевающий написание собственных расчётных модулей, скорее близок программистам и зачастую вызывает у инженеров некоторое недоверие. Поэтому система SOFiStiK также довольно часто используется в тандеме с другими программными продуктами (система midas Civil, ЛИРА-САПР и пр.). Как правило, её применяют для расчёта действительно сложных конструкций, предпочитая в остальных случаях использовать более простые в работе программы.

RM Bridge

Компания Bentley, известная своими передовыми разработками в области САПР и ГИС, также представила на российский рынок решение

для проектирования мостовых конструкций — RM Bridge. Это семейство интегрированных приложений, позволяющее решать задачи проектирования и анализа в рамках непрерывного жизненного цикла моста [9].

При использовании программного комплекса от Bentley специалисты проектных организаций работают с единой согласованной моделью, которая разрабатывается, актуализируется и дополняется на каждом этапе жизненного цикла (рис. 5).

Отличительной особенностью системы можно назвать сквозную параметризацию конечно-элементной модели, позволяющую вносить изменения в существующую модель, не создавая новые параметрические и аналитические модели. Это позволяет перестраивать модель «на лету» и оценивать различные варианты конструкции.

Ещё одна возможность системы, о которой разработчики заявляют, как о ключевой, — 4D-проектирование, то есть проектирование трёхмерных моделей мостовых сооружений с учётом временной компоненты. Система учитывает изменяющиеся во времени характеристики материала (ползучесть, усадка и пр.), что позволяет более грамотно планировать последовательность строительства. Моделирование моста в динамике даёт возможность решать структурные задачи и конфликты до начала строительства.

Также, что немаловажно, в системе реализована поддержка российских нормативных документов, позволяющая выполнять проверку конструкции на прочность, устойчивость и выносливость [10].

Однако, несмотря на все преимущества, программный комплекс RM Bridge не получил такого

широкого распространения, как, например, midas Civil. В основном это связано со сложностями в обучении сотрудников и внедрении такой крупномасштабной системы в организации — на это всегда требуется много времени и ресурсов, в том числе финансовых.

CSiBridge

Активно осваивает отечественный рынок ещё одна зарубежная система для проектирования мостовых сооружений — CSiBridge (Computers and Structures, Inc., США) (рис. 6).

Система обладает достаточно мощным функционалом, современным дружественным интерфейсом и качественной трёхмерной визуализацией, однако до недавнего времени её широкому применению среди отечественных специалистов препятствовало отсутствие расчётов по российским нормам. В 2015 году в новой версии системы была реализована поддержка СНиП 2.05.03–84 «Мосты и трубы» в части расчёта железобетонных конструкций [11], поэтому вполне можно ожидать, что CSiBridge в скором времени начнёт приобретать большую популярность в проектных организациях.

CSiBridge предоставляет единый интерфейс для моделирования, расчёта, проектирования, проверки надёжности конструкций, вывода результатов и создания отчётов. В одном окне можно одновременно просматривать 3D-визуализацию модели моста, поверхности влияния (рис. 7), деформированные усилия и пр.

Система может использоваться как для проектирования типовых конструкций с помощью различных мастеров, так и для выполнения нетривиальных задач, решать которые можно не только с помощью функций системы, но и сред-

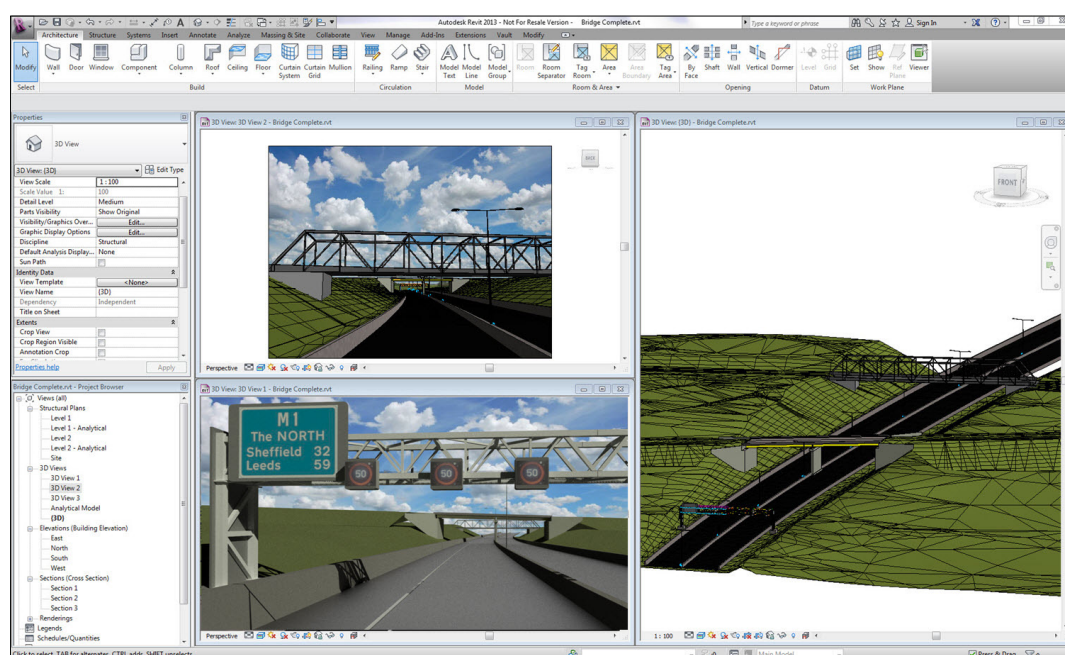


Рис. 8. Мост в системе Revit

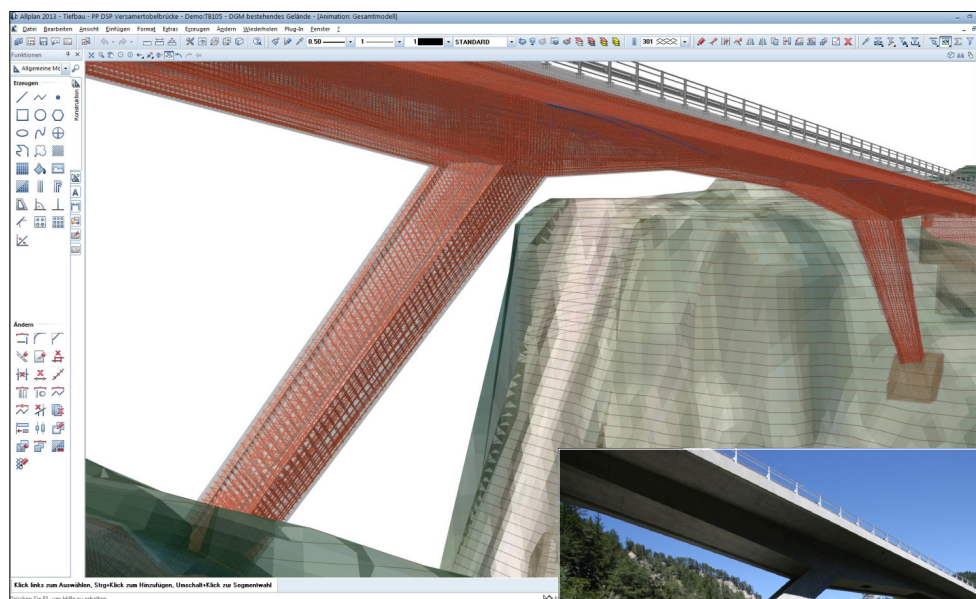


Рис. 9. Мост в Швейцарии, запроектированный в Allplan Engineering



ствами встроенного языка программирования, позволяющего разрабатывать собственные модули.

Autodesk Revit

Линейка продуктов от компании Autodesk (США) позволяет выполнять проектирование и расчёт мостовых сооружений с помощью различных модулей (например, Robot Structural Analysis, Bridge Module в составе Civil 3D и пр.), которые, однако, по большей части не поддерживают российские стандарты.

Тем не менее, в этой линейке можно выделить систему Autodesk Revit. В большей степени эта система ориентирована на создание зданий и сооружений, и в ней довольно трудно рассчитывать некоторые специфические элементы мостовых конструкций. Поэтому в качестве полноценной программы для проектирования мостов она используется довольно редко. Но в то же время Revit прекрасно подходит для интеграции и объединения объектов инфраструктуры, запроектированных в сторонних системах, в единый проект (рис. 8). Например, мост, запроектированный в midas Civil или SOFiSTiK, можно импортировать в проект Revit, в который ранее уже была импортирована автомобильная дорога из Autodesk Civil 3D. Затем конструкцию моста можно доработать с учётом рельефа местности, автомобильных дорог, которые он связывает, и прочих объектов инфраструктуры.

Экспорт в формат AutoCAD (DWG/DXF), также как и импорт, в той или иной мере реализован во всех крупных системах для проектирования

объектов промышленного и гражданского строительства. Качество взаимодействия между системами характеризуется тем, насколько полно передаётся модель сооружения из одной системы в другую, и не происходит ли в результате потери данных.

В качестве примера качественной интеграции с Revit можно привести систему SOFiSTiK, в которой имеется специально разработанный Revit-интерфейс [12]. Двусторонняя связь между этими системами позволяет экспортировать модель сооружения из Revit в SOFiSTiK для выполнения расчётов. При этом можно выбрать, какую информацию следует передать, и задать сетку разбиения на конечные элементы — в итоге переданная в SOFiSTiK модель уже будет готова к вычислениям. После выполнения расчёта модель моста можно передать обратно в Revit.

Система midas Civil также предоставляет специальный интерфейс, позволяющий передавать модель моста в Revit [13]. При этом поддерживается связь между моделями в обеих системах: если какой-либо элемент конструкции был добавлен, удалён или изменён в midas Civil, модель в Revit также будет соответствующим образом изменена.

Импорт/экспорт в Revit возможен и из рассмотренных ранее систем: ЛИРА-САПР, RM Bridge и CSiBridge.

Прочие системы

Зарубежный рынок программного обеспечения предлагает и другие, часто весьма интересные, решения для проектирования и расчёта

мостовых сооружений: LUSAS Bridge (LUSAS, Великобритания), Novapoint Bridge (Vianova Systems, Норвегия) [14], Allplan Engineering (Allplan, a Nemetschek company, Германия) (рис. 9) [15], однако в нашей стране эти программные продукты в большинстве своём не представлены. Причина всё та же — отсутствие расчётов по российским нормам. Очевидно, что отсутствие сертификата не означает, что программа выполняет расчёты неверно, и конструкция, выполненная в такой системе не будет соответствовать требованиям надёжности. Тем не менее, одним из важных факторов при проектировании объектов инфраструктуры является обязательное прохождение экспертизы, а для этого сама конструкция и отчётная документация по ней должны соответствовать требованиям принятых в стране нормативных документов.

Заключение

Многообразие программных продуктов для проектирования объектов промышленного и гражданского строительства становится причиной высокой конкуренции между компаниями-разработчиками. В результате каждая компания стремится представить свою программу в наиболее выгодном свете, подчеркнув достоинства и умолчав о недостатках. Поэтому получить полное представление о возможностях той или иной системы и выяснить её сильные и слабые стороны инженер может только на собственном опыте, используя её для решения конкретных задач. «Идеального» программного продукта, подходящего для проектирования абсолютно любых мостовых сооружений, не существует. Каждый продукт имеет свои преимущества и недостатки, а выбор программного обеспечения чаще всего диктуется спецификой решаемых задач и предпочтениями инженеров-проектировщиков. Оптимальной можно назвать ситуацию, когда в работе используется несколько программных продуктов: к примеру, проектирование и расчёт конструкции выполняется в *midas Civil*, а для сложных статических расчётов используется *SOFiStiK*.

Нельзя не отметить, что при совместном применении программных продуктов для проектирования и расчёта мостов очень важным становится

обеспечение качественного взаимодействия между используемыми системами, ведь модель моста нужно максимально точно передать из одной системы в другую, без потери или некорректной передачи данных. В противном случае её придётся создавать с нуля, что влечёт за собой риск появления ошибок и многократно увеличивает временные затраты [16–18]. Кроме того, если работа во всех используемых программах выполняется с единой моделью, значительно упрощается обмен данными на всех этапах жизненного цикла моста, начиная от проектирования и заканчивая строительством, эксплуатацией и ремонтом. Модель в таком случае может использоваться не только внутри одной проектной организации, она — при наличии универсального формата данных [19] — может быть передана смежным специалистам для дальнейшей работы. ■

Литература:

1. Список самых длинных мостов России // Википедия — свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_самых_длинных_мостов_России (дата обращения: 30.09.2015).
2. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84. М.: Центр проектной продукции в строительстве, 2011. 341 с.
3. Петров В.А. Как выбрать программу для расчёта мостов // Ирисофт. Решения, ведущие к успеху. Блог инженерно-консалтинговой компании. URL: <http://irisoft.livejournal.com/100241.html> (дата обращения: 30.09.2015).
4. Integrated Solution System for Bridge and Civil Engineering // Midas official website. URL: <http://midasit.ru/products/products.asp?strCate=midasCivil> (дата обращения: 30.09.2015).
5. Midas Civil 2014. Русская версия. URL: http://midasit.ru/event/20131002/RU_midasCivil2014.pdf (дата обращения: 30.09.2015).
6. Программа для проектирования и расчёта строительных конструкций // Официальный сайт группы компаний LiraLand. URL: http://lira-soft.com/pc_lira/ (дата обращения: 30.09.2015).
7. Проектирование мостов // Официальный сайт компании SOFiStiK. URL: <http://www.sofistik.com/ru/loesungen/fem/proektirovanie-mostov/> (дата обращения: 30.09.2015).
8. Трансмост: Расчёт продольной подвижки пролётного строения моста в SOFiStiK // Официальный сайт компании ПСС. URL: <http://www.pss.spb.ru/realizovanniyeprojecty/Infrastruktura-mosty/Transmost.html> (дата обращения: 30.09.2015).
9. About Bridge Information Modeling // Bentley official website. URL: <http://www.bentley.com/en-US/Solutions/Bridges/brim/> (дата обращения: 30.09.2015).
10. RM Bridge. Брошюра о семействе продуктов. URL: http://ftp2.bentley.com/dist/collateral/docs/PFB_RM_Bridge_US_A4_RU_HiRes.pdf (дата обращения: 30.09.2015).
11. Новый релиз: CSiBridge 2015 17.3.0 // НИП Информатика. Отдел САПР и строительных конструкций. URL: <http://steel-concrete.ru/content/news/novyy-relez-csibridge-2015.html> (дата обращения: 30.09.2015).
12. Морозов А.А., Талапов В.В. Технология BIM: что можно считать по модели, созданной в Revit. Часть 2 // isicad :: Ваше окно в мир САПР. URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15546 (дата обращения: 30.09.2015).
13. Midas Link for Revit Structure // Midas official website. URL: http://en.midasuser.com/training/technical_read.asp?idx=6834&pg=1&so=&sort=&bid=12&nCat=274&nCat2=&bType=&totCount=9 (дата обращения: 30.09.2015).
14. Novapoint Bridge // Vianova Systems official website. URL: http://www.vianovasystems.com/Products/NovapointDCM/Novapoint-Bridge#.Vgtrj_nHlw (дата обращения: 30.09.2015).
15. Bridging more than a century // Nemetschek Group official website. URL: <http://www.nemetschek.com/en/references/versamertobel-bridge/> (дата обращения: 30.09.2015).
16. Петренко Д.А. Эффективное управление информацией на всех этапах ЖЦ АД // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 75–79. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.12.
17. Сковцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.
18. Сковцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
19. Сковцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.

Обзор программных продуктов для проектирования водопропускных труб

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.13

Федотов Н.Г., инженер ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Кривых И.В., руководитель методического отдела ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматривается роль компьютерных технологий, используемых для автоматизации процесса проектирования водопропускных труб, требования к ним, предъявляемые со стороны пользователей. Дается обзор представленных на российском рынке программных продуктов для автоматизации проектирования водопропускных труб, выделяются их сильные и слабые стороны.

Введение

В современном мире скорость и качество производства какого-либо экономического продукта играют ключевую роль в развитии экономики страны в целом и предприятия в частности. Совершенствование технологии производства является главной составляющей на пути повышения производительности и, как следствие, увеличения прибыли. Специфическим сектором производства является отрасль проектных работ, где сырьём является человеческий интеллект, а продукцией — качественный проект.

При проектировании автомобильных дорог часто возникает необходимость устройства искусственных сооружений, таких как мосты, путепроводы, водопропускные трубы. Любое искусственное сооружение является сложной конструкцией, требующей точности расчётов и работы с большими объёмами данных.

Основной задачей систем автоматизированного проектирования является повышение качества выпускаемой документации и производительности инженеров-проектировщиков. Эффективность применения автоматизированного проектирования значительно зависит от организации взаимодействия инженера с компьютерной программой. Непродуманность тех-



Таблица 1. Статистические сведения о трубах на дорогах Сибирского региона

Организация – балансодержатель	Протяжённость сети дорог, км	Количество труб, шт.	Количество километров, приходящихся на 1 трубу	Доля труб от общего числа всех искусственных сооружений, %
ФКУ Упрдор «Алтай»	1175	1168	1,0	90
ФКУ «Сибуправтодор»	2027	1802	1,1	95
ФКУ Упрдор «Енисей»	633	562	1,1	92
ФКУ Упрдор «Вилуй»	1293	1118	1,2	96
ФКУ Упрдор «Лена»	1157	935	1,2	85
ФКУ «Байкалуправтодор»	1151	786	1,5	88

нологии организации работы может вместо положительного результата привести к отрицательному и свести на нет все преимущества автоматизированных систем.

К водопропускной трубе, как и к любому другому элементу автомобильной дороги, предъявляются требования по обеспечению надёжности, долговечности и бесперебойности эксплуатации, а также безопасности движения транспортных средств [1]. Обеспечение вышеперечисленных требований в большей мере закладывается на стадии проектирования при соблюдении необходимой технологии строительства. Отсюда очевидна большая ответственность инженера при принятии проектных решений.

По данным статистики трубы являются наиболее распространённым искусственным сооружением, встречающимся в среднем через каждые 1–1,5 км дороги (таблица 1) [2]. Согласно транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года должно быть введено в эксплуатацию более 80 тыс. км новых дорог, что увеличит суммарную протяжённость автомобильных дорог общего пользования до 1350 тыс. км [3]. Несложно посчитать, сколько существующих труб уже лежит в насыпях и сколько ещё предстоит построить.

Требования к программам для проектирования водопропускных сооружений

Согласно действующим нормам основные технические решения, принимаемые в проектах новых и реконструируемых труб, следует обосновывать путём сравнения технико-экономических показателей конкурентоспособных вариантов [1].

Процесс проектирования водопропускных труб включает в себя следующие виды работ:

- расчёт максимальных расходов ливневого и снегового стоков;
- гидравлический расчёт отверстий труб с определением величины подпора перед трубой и скорости воды в сжатом сечении трубы;
- определение минимальной высоты насыпи у трубы;
- определение длины трубы и её конструирование;
- расчёт и проектирование укрепления отводящего русла и откосов насыпи;
- определение объёмов и стоимости работ.

Выполнив указанные выше расчёты для различных отверстий труб, можно путём сравнения их по стоимости строительства или по суммарным приведённым затратам, учитывая как стоимость строительства, так и эксплуатационные расходы и ущерб от затопления земельных угодий, выбрать наиболее выгодный вариант [4]. В условиях городского проектирования важная роль также уделяется эстетическому виду сооружения.

Использование специализированных программных комплексов позволяет облегчить этап технико-экономического обоснования. Что может быть проще? По имеющимся исходным данным нужно задать несколько вариантов труб различных размеров и компоновок, и программа сама подсчитает объёмы работ и стоимость сооружения. От проектировщика лишь требуется верно ввести исходную информацию и распечатать готовый отчёт. Времени это занимает немного, а результат — возможность выбора наиболее эффективной конструкции по нескольким параметрам. Экономия

времени по сравнению с традиционной проработкой каждого варианта колоссальная. Так должно быть в идеале. На практике же зачастую сам этап сравнения вариантов отсутствует. И вовсе не из-за лени проектировщиков, а из-за трудоёмкости работ по разработке вариантов различных конструкций в ручном режиме.

Бурное развитие компьютерных технологий позволяет решить эту проблему, и можно представить, какой могла бы быть компьютерная программа, позволяющая формировать различные конструкции по заданным исходным данным и выбрать наиболее оптимальную. Попробуем сформулировать требования к такой программе.

ГИБКОСТЬ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

Гибкость программы к запросам пользователей определяет её востребованность на рынке. Если новое проектирование можно свести к типовому набору звеньев и оголовков, то при реконструкции и капитальных ремонтах встречаются разнообразные индивидуальные решения. Поэтому в программе должен быть набор инструментов, позволяющий конструировать трубы любой сложности: от простых круглых до сложных комбинированных (рис. 1). Под многофункциональностью подразумевается наличие в программном продукте встроенных прикладных программ, необходимых для выполнения дополнительных расчётов. Выполнение узкоспециализированных расчётов в рамках проектирования всегда было головной болью специалистов-дорожников. Например задача расчёта подпора воды перед трубой или проверки прочности нетипового звена при отсутствии нужных специалистов ставит в тупик.



Рис. 1. Труба комбинированного сечения

ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Современная программа для проектирования искусственных сооружений должна предоставлять возможность разработки сразу нескольких конструкций в рамках одного проекта, чтобы наглядно сравнивать различные конструктивные решения и выбирать наиболее перспективный вариант.

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПО ОБЪЁМАМ РАБОТ И СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Программа должна быть незаменимым помощником на этапе технико-экономического обоснования, позволяя выбирать наилучший вариант конструкции по заданным критериям. Помимо сравнения конструктивных решений в целом, выбор варианта может осуществляться по вычисленным для каждого варианта объёмам работ. Следующим шагом на этапе выбора могло бы стать сравнение вариантов по стоимости строительства. Это на порядок более сложная задача, однако

в последнее время важность её становится всё более очевидной.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ

Сразу видно то, что делаешь — большой плюс, способный сэкономить много времени на этапе проектирования. При этом интерактивность должна быть на таком уровне, чтобы изменение любого параметра объекта приводило к изменению этого параметра во всех взаимосвязанных частях проекта.

Трёхмерное изображение трубы

Формирование трёхмерного изображения трубы может значительно упростить первоначальный выбор положения трубы, т.к. по характеру рельефа можно оценить направление стоков воды, примерно оценить необходимый уклон сооружения и пр. Кроме того, возможность формирования красочной 3D-модели всегда будет полезна для подготовки презентаций и защиты проекта.

КАЧЕСТВЕННАЯ ВЫХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Здесь уместен принцип «формирование отчёта — печать — вставка в проект», т.е. минимальное количество правок выходных документов в сторонних редакторах. Естественно должно обеспечиваться соответствие оформления национальным стандартам с возможностью гибкой настройки параметров оформления пользователем.

Обзор имеющихся решений

На российском рынке уже имеются программные продукты для автоматизации процесса проектирования труб, среди них — «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» (ООО НПФ «Топоматик», г. Санкт-Петербург), «CREDO Трубы» (СП «Кредо-Диалог» — ООО, г. Минск), IndorCulvert (ООО «ИндорСофт», г. Томск). Каждая из этих программ в той или иной степени удовлетворяет перечисленным выше требованиям. Рассмотрим далее эти программы более подробно.

CREDO Трубы

Система «CREDO Трубы» является разработкой компании «Кредо-Диалог» и уже достаточно давно представлена на российском рынке. Работа в системе «CREDO Трубы» осуществляется в проекте, где может быть создан только один вариант конструкции трубы. Проектирование водопропускной трубы возможно по двум сценариям: типовое проектирование и индивидуальное проектирование. Типовое проектирование подразумевает автоматический подбор средней части трубы в соответствии с типовыми проектами. Индивидуальное проектирование предполагает ручную компоновку тела трубы из составляющих её элементов — блоков программной базы [5]. На рисунке 2 представлен внешний вид главного окна системы «CREDO Трубы».

При типовом проектировании автоматический подбор средней части

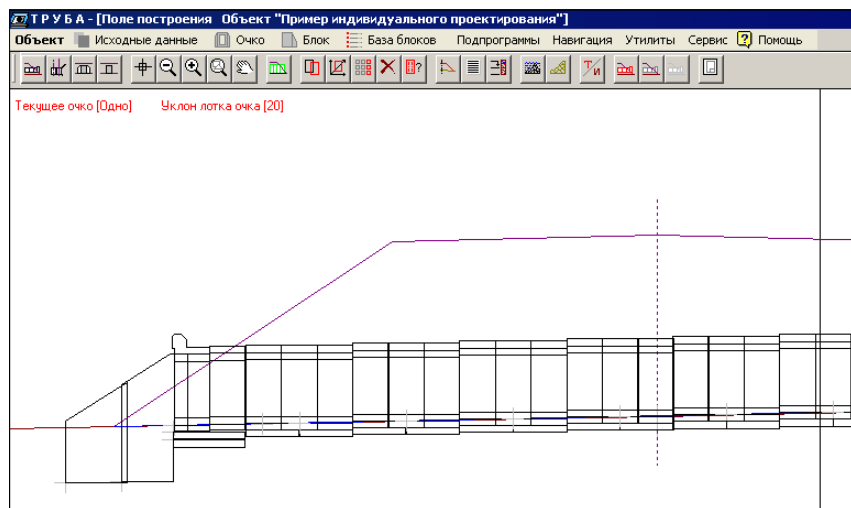


Рис. 2. Внешний вид главного окна программы «CREDO Трубы»

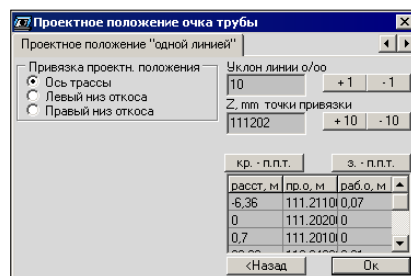


Рис. 3. Параметрическое задание проектного положения трубы

трубы осуществляется в соответствии со следующими типовыми проектами:

- Серия 3.501.1-144. Трубы водопропускные круглые железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог.
- Серия 3.501.3-183.01. Трубы водопропускные круглые из гофрированного металла для железных и автомобильных дорог.
- Серия 3.503.1-112.97. Трубы водопропускные круглые железобетонные из длинномерных звеньев (для опытного применения) — диаметром 1,5 м; 2х1,5 м; 3х1,5 м.

Рассмотрим примерный порядок работы в программе при типовом проектировании водопропускных труб.

Исходные данные по проектному и чёрному поперечным профилям можно вводить в специальном окне, задавая координаты характерных точек, или импортировать данные из систем CREDO_DAT и CREDO Топоплан, используя файлы обменных форматов.

Для задания положения тела трубы в насыпи вводится понятие «проектное положение трубы» — это линия, которая обозначает условный низ лотка поверхности трубы в рамках текущего очка. Геометрия этой линии задаётся параметрически в диалоговом окне (рис. 3). После задания проектного положения трубы программа автоматически подбирает оптимальную схему средней части трубы, которую можно при необходимости отредактировать.

Проектирование укреплений трубы (откосов и русла) выполняется путём ручного задания ряда параметров в специальном диалоговом окне. Эти параметры определяют тип укреплений (каменной наброской или монолитным бетоном), а также геометрические характеристики укреплений (например, толщину укрепления, ширину укрепления насыпи и пр.).

Чтобы вычислить земляные работы по устройству котлована или замены грунта под сооружением, необходимо в отдельном диалоге вручную задать геометрию соответствующих объектов, указав, например, глубину котлована по оси трубы, ширину котлована и пр. После задания этих данных становится доступной информация в статистике по объёму земляных работ.

Чертёж рекомендуется создавать после выполнения всех видов работ в программе «CREDO Трубы». Он формируется по запросу в соответствии с заданными в программе настройками и передаётся для доработки в систему AutoCAD. Чтобы изменить вид уже сформированного чертежа, придётся регенерировать заново чертёж в системе «CREDO Трубы». Для доведения полученного чертежа до нужного состояния разработаны специальные утилиты к системе AutoCAD, значительно облегчающие работу проектировщика, например, вычерчивание штампа, таблицы спецификации или ведомости объёмов.

Выводы

Особенностью данной программы является отсутствие какой-либо интерактивности при разработке проекта: создание и редактирование конструкции выполняется только через задание параметров в разных диалоговых окнах. Однако можно промерить расстояние между двумя указанными точками в рабочей области, а также в особом режиме получить информацию по указанному блоку конструкции.

Также заметим, что в рамках одного проекта можно проработать всего один вариант конструкции, т.е. полностью отсутствует возможность технико-экономического обоснования, состоящая в сравнении нескольких рабочих вариантов проекта.

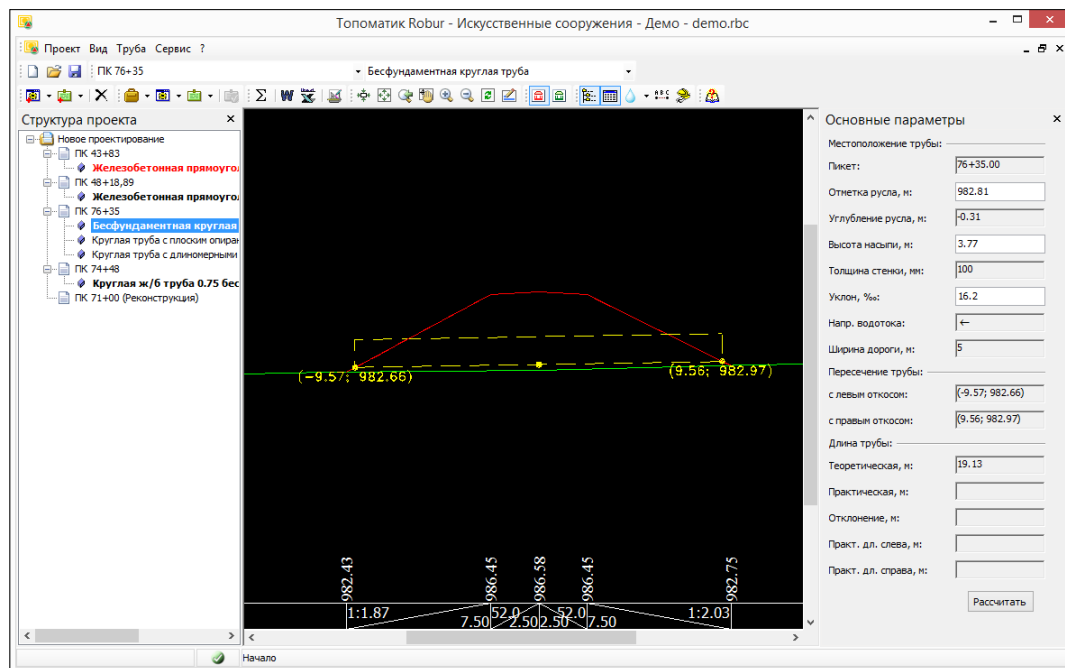
При типовом проектировании автоматический подбор элементов конструкции выполняется только для средней части трубы, а для доработки чертежа нужна сторонняя программа AutoCAD.

Топоматик Robur — Искусственные сооружения

Система «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» также уже несколько лет представлена на российском рынке и успела завоевала заслуженную популярность среди инженеров-проектировщиков (рис. 4). Она предоставляет широкий спектр поддерживаемых типовых альбомов [6]:

- Серия 3.501.1-144. Круглые бетонные трубы бесфундаментные для автомобильных дорог.
- Серия 3.501.1-144. Круглые бетонные трубы с плоским опиранием для автомобильных и железных дорог.
- Серия 3.501.1-177.93. Прямоугольные бетонные трубы для автомобильных дорог.
- Серия 3.501.1-179.94. Прямоугольные бетонные трубы для автомобильных и железных дорог.
- Серия 503-7-015.90. Круглые бетонные трубы с длинномерными звеньями для автомобильных дорог.
- Серия 3.501.3-183.01. Круглые трубы из гофрированного металла для автомобильных и железных дорог.
- Серия 3.501.3-187.10. Трубы водопропускные круглые спиральноовитые из гофрированного металла для автомобильных и железных дорог.
- Серия 501-96. Унифицированные круглые косоугольные трубы для автомобильных дорог.
- Шифр 1484 выпуск 0-2.
- Серия 3.501.1-179.94 выпуск 0-1.
- Серия 3.501.3-185.03. Конструкции из гофрированного металла для автомобильных и железных дорог.
- Серия 2175РЧ. Трубы водопропускные железобетонные круглые с плоским основанием

Рис. 4. Внешний вид главного окна системы «Топоматик Robur — Искусственные сооружения»



для автомобильных дорог в умеренных и суровых климатических условиях.

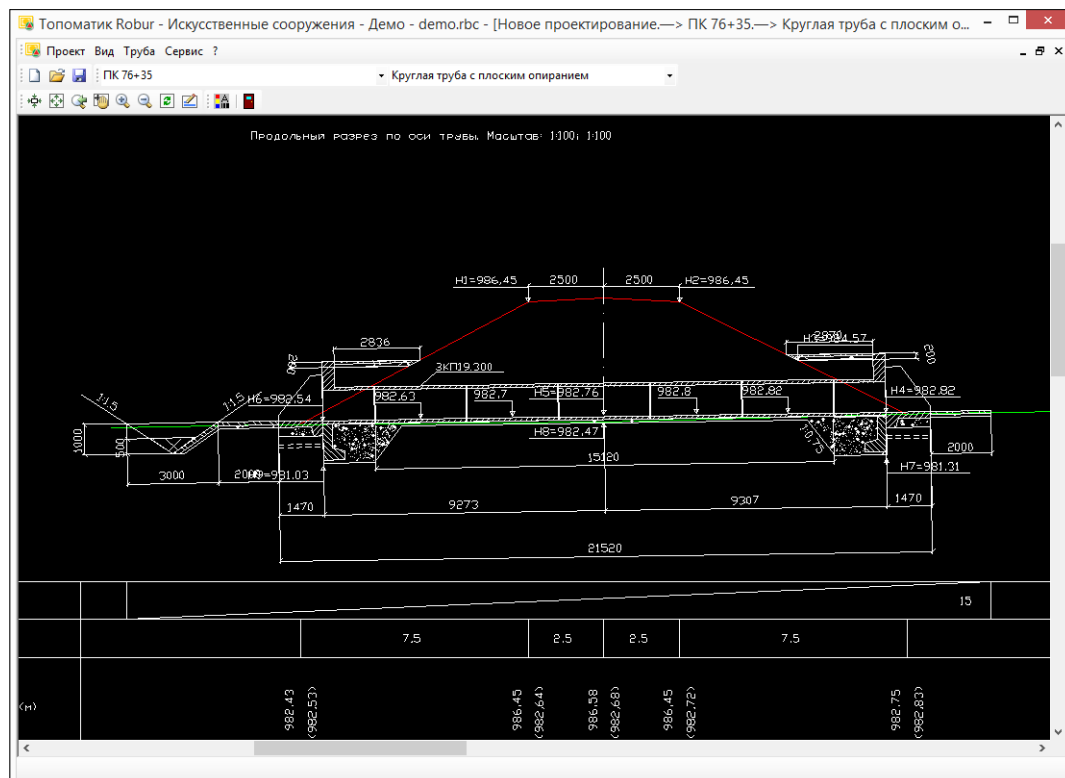
- Серия 3.501.3-186.09. Трубы водопропускные круглые из гофрированного металла для автомобильных и железных дорог.
- Серия 3.501.3-187.10. Трубы водопропускные круглые спирально-витые из гофрированного металла

для автомобильных и железных дорог (северное исполнение).

Система «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» может использоваться в качестве автономной программы, так и в составе программного комплекса «Топоматик Robur». При использовании системы в составе «Топоматик Robur» возможна автоматизированная укладка

трубы по цифровой модели рельефа и проектной поверхности проектируемой дороги. При автономном использовании программы ввод данных по проектному и чёрному поперечникам выполняется в ручном режиме в таблицах с полями для указания отметок и расстояний характерных точек справа и слева от оси дороги.

Рис. 5. Чертёж конструкции водопропускной трубы в системе «Топоматик Robur — Искусственные сооружения»



Положение трубы в насыпи можно задавать визуально с помощью управляющих точек или более точно, задавая отметки характерным точкам или перемещая водопропускную трубу на заданную величину.

После того как определены необходимые проектные данные и проведена укладка трубы в поперечнике, выполняется автоматическая раскладка трубы, т.е. на теоретическую длину раскладываются секции средней части выбранной конструкции в привязке к типовому альбому, блоки и звенья оголовков, проектируются фундаменты и укрепления. Заметим, что расчёт укрепления откосов и русел производится программой автоматически.

Проект в системе «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» представляет собой совокупность объектов, относящихся к конкретной дороге или площадке, например, водопропускные сооружения, расположенные на различных пикетажах автомобильной дороги. В каждом объекте может быть создано несколько вариантов конструкций.

В рабочем окне программы представлено схематичное изображение трубы, а для формирования полноценного чертежа необходимо выполнить специальную команду (рис. 5). В настройках чертежа можно указать, какие сечения трубы должны быть представлены на чертеже (план, продольный разрез, фасад, попереч-

ный разрез). Также в настройках задаётся, какие таблицы должны быть на чертеже (таблица основных показателей, таблица объёмов работ, таблица объёмов работ для укрепления, таблица спецификаций).

Отдельной командой в программе можно запустить диалог, в котором отображаются рассчитанные координаты и отметки всех характерных точек.

Выводы

Система «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» является полноценной системой для проектирования водопропускных труб — в ней реализована поддержка наиболее распространённых типовых альбомов. Кроме того, в системе доступен большой набор ведомостей с объёмами работ, которые могут быть выведены на чертёж или выгружены в документ Microsoft Word.

Помимо нового проектирования, в системе реализована возможность реконструкции существующих водопропускных труб. Также заметим, что удобным дополнением к функциям системы является то, что в процессе проектирования диагностируются проектные решения, выходящие за принятые нормы, и об этом выдаются соответствующие предупреждения.

Определённым неудобством в работе может показаться отсутствие наглядности, поскольку итоговый чертёж со всеми необходимыми размерами

и отметками формируется только по запросу.

IndorCulvert

Система IndorCulvert является новой разработкой компании «ИндорСофт». Она была анонсирована осенью 2015 года. Несмотря на то, что это самая «молодая» программа на российском рынке в области проектирования искусственных сооружений, она обладает большим потенциалом и имеет все шансы занять лидирующее положение на рынке.

На момент выхода первой версии системы в ней была реализована поддержка следующих типовых альбомов:

- Серия 3.501.1-144. Трубы водопропускные круглые железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог.
- Шифр 1484. Трубы водопропускные круглые железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог.
- Серия 503-7-015.90. Трубы водопропускные круглые железобетонные из длинномерных звеньев.
- Серия 3.501.3-183.01. Трубы водопропускные круглые из гофрированного металла для железных и автомобильных дорог.

Проект в системе IndorCulvert представляет собой набор объектов (участков) проектирования, принадлежащих одной дороге. Каждый объект может содержать произвольное количество

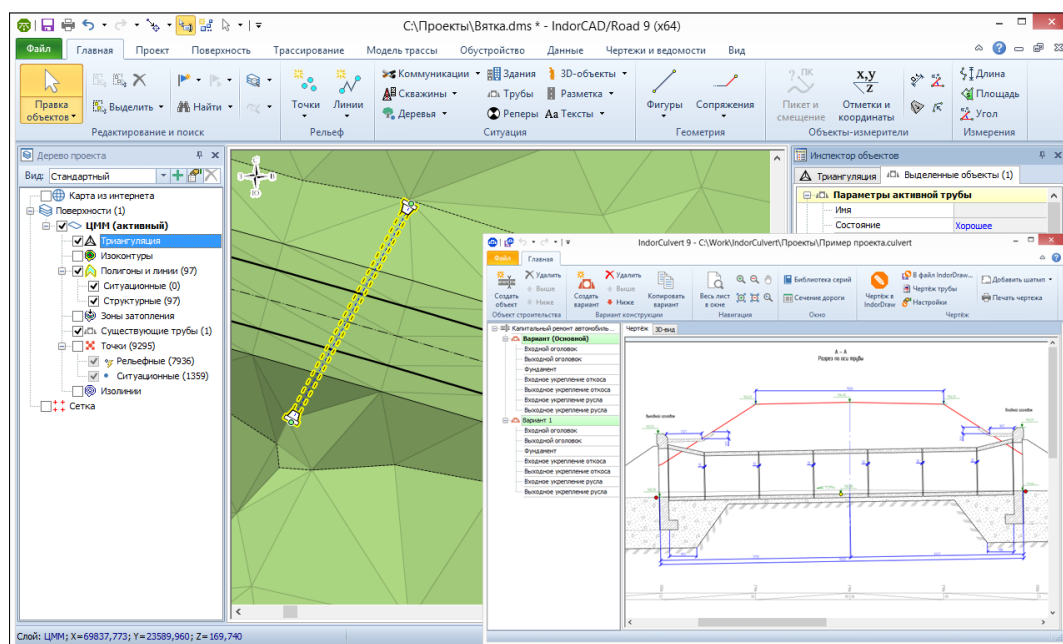


Рис. 6.
Использование
системы
IndorCulvert
совместно
с IndorCAD

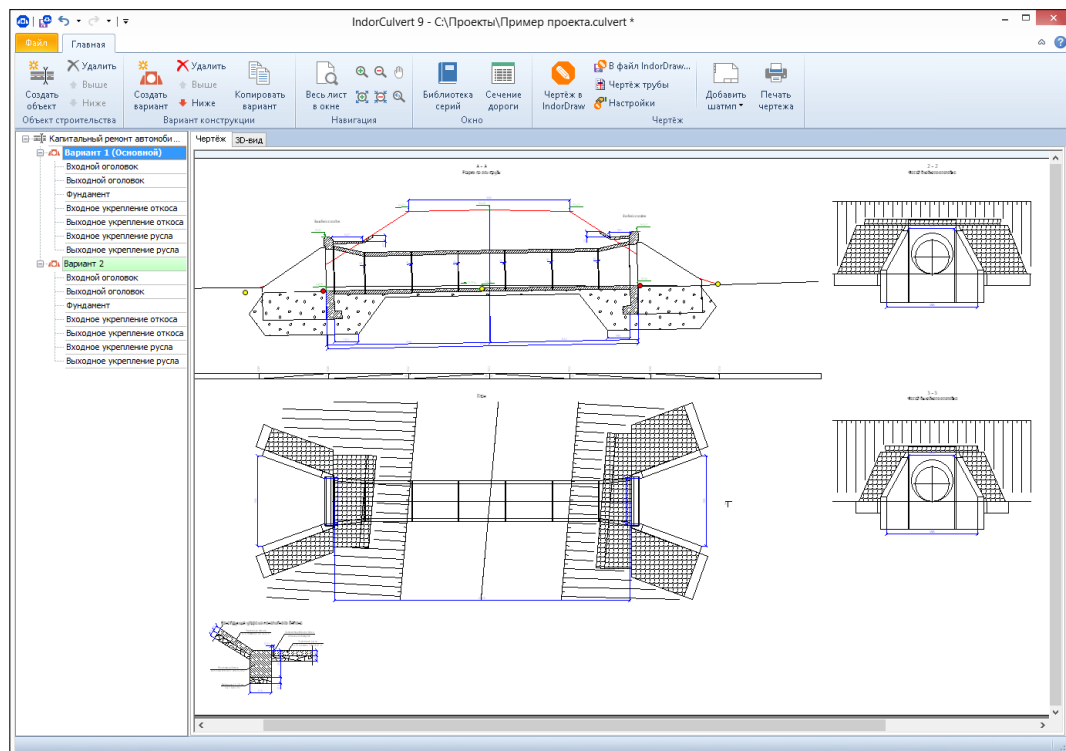


Рис. 7. Внешний вид главного окна системы IndorCulvert

вариантов конструкций водопропускной трубы, что позволяет проводить вариантное проектирование.

Система IndorCulvert может использоваться автономно или совместно с системой проектирования автомобильных дорог IndorCAD (рис. 6), что особенно важно в контексте набирающей оборот концепции информационного моделирования [7]. Использование совместно с IndorCAD даёт возможность укладки трубы по существующему рельефу и проектной поверхности дороги. При создании трубы отметки низа оголовков привязываются к проектной поверхности, а в качестве «чёрного» поперечника используется интерполированная поверхность. Из IndorCAD можно перейти в систему IndorCulvert для дальнейшего проектирования трубы. Поперечное сечение при этом сформируется автоматически и будет построено «первое приближение» конструкции трубы с учётом её текущей длины.

Уникальной особенностью системы IndorCulvert, выделяющей её на фоне аналогов, является то, что рабочая область в системе представляет собой непосредственно итоговый чертёж в том виде, в каком он будет передан для дальнейшей доработки в систему подготовки чертежей (рис. 7). На чертёж уже нанесена большая часть необходимых отметок, размерных линий, штриховок, а также чертежи узлов создаваемой конструкции. Чертёж является динамическим и при изменении любого параметра конструкции или каких-либо исходных данных он сразу же обновляется. Это

предоставляет особое удобство и наглядность при работе.

Положение трубы в насыпи задаётся интерактивно на чертеже с помощью специальных управляющих точек. При любом изменении геометрии трубы автоматически пересчитывается раскладка средней части трубы. Заметим, что все доступные в системе ведомости, среди которых — таблица проектных данных, таблица спецификаций, таблица объёмов работ по котловану и др. — также автоматически пересчитываются и обновляются сразу на чертеже. Таким образом, просто переключаясь по вариантам конструкции, можно быстро сравнить варианты по определённым критериям и выделить наиболее перспективные.

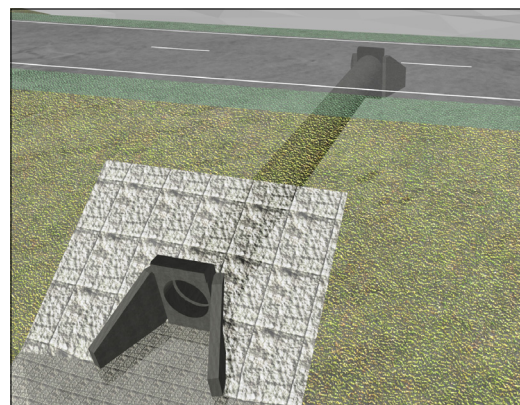


Рис. 8. Трёхмерная модель водопропускной трубы в системе IndorCulvert

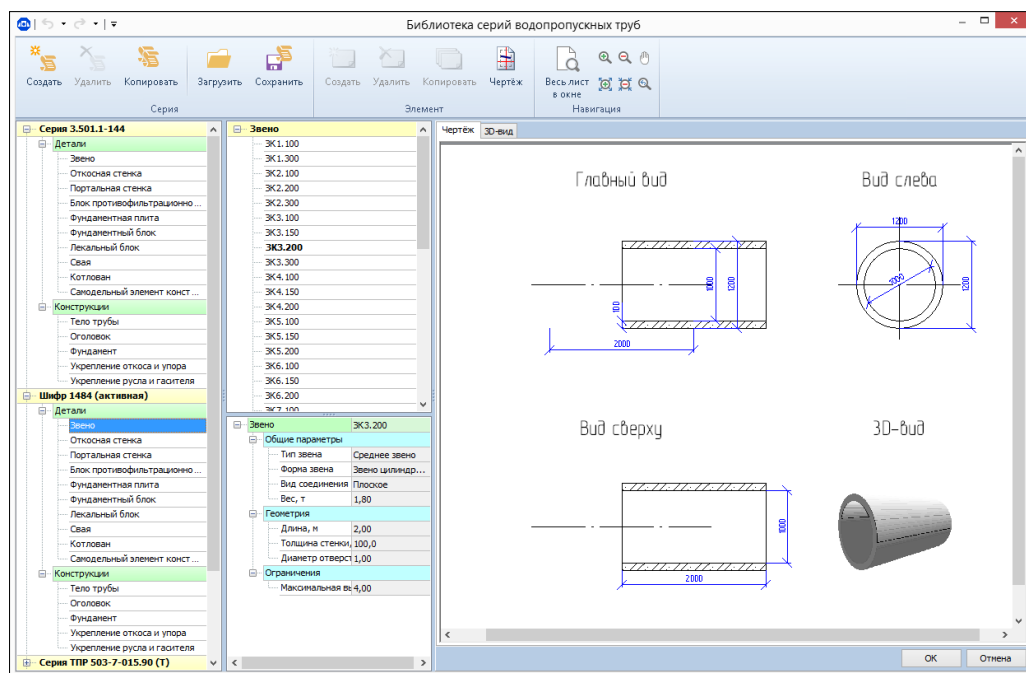


Рис. 9. Библиотека серий в системе IndorCulvert

В системе IndorCulvert укрепления откосов и русел формируются автоматически согласно решениям, заложенным в соответствующих типовых проектах. Для укрепления откосов может быть выбран монолитный бетон, сборное ж/б укрепление, каменная наброска или габионы, для укрепления русел — монолитный бетон, сборное ж/б укрепление, каменная наброска, асфальтобетон, матрасы Рено.

Конструкцию водопропускной трубы можно оценивать не только на динамическом чертеже, но и по её полноценной трёхмерной модели, которая всегда доступна на отдельной вкладке проекта (рис. 8).

Отдельного внимания заслуживает библиотека серий, реализованная в системе IndorCulvert. В ней представлена вся используемая номенклатура из поддерживаемых типовых альбомов. По каждому элементу (звено средней части, откосная стенка, фундаментный блок и пр.) можно посмотреть подробную информацию (рис. 9).

Особенностью библиотеки является возможность её расширения путём добавления новых позиций номенклатуры. Добавить можно либо отдельную деталь — звено средней части, фундаментный блок, откосную стенку — либо целую конструкцию (например, оголовка) в виде набора элементов. Выбрав в системе индивидуальный тип проектирования, можно «собрать»

конструкцию из нестандартных элементов и сразу увидеть её на чертеже.

Выводы

Система IndorCulvert обладает рядом важных преимуществ по сравнению с аналогами, среди которых — динамическая область проектирования, позволяющая сразу видеть результаты принятия каких-либо проектных решений, возможность оценки трубы по её трёхмерному изображению. Также нельзя не отметить максимально полный чертёж конструкции трубы, формируемый системой.

IndorCulvert только недавно появилась на рынке программного обеспечения, и в ближайших перспективах развития системы стоят следующие задачи: расширение набора поддерживаемых типовых альбомов и реализация проектирования реконструкции водопропускных труб.

Заключение

В настоящее время востребованность программного обеспечения для проектирования искусственных сооружений не вызывает сомнений, и связано это с широким распространением данного вида работ в проектной деятельности. При этом возрастают и требования к таким программным продуктам. По мнению авторов наиболее востребованными в будущем будут те автоматизированные системы для

проектирования искусственных сооружений, которые обеспечат наиболее тесную интеграцию с процессом проектирования автомобильной дороги, а также те, с помощью которых можно будет наиболее эффективно выполнять технико-экономический анализ, выбирая наилучший вариант конструкции сооружения. ■

Литература:

- СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84. М.: Центр проектной продукции в строительстве, 2011. 341 с.
- Официальный сайт Федерального дорожного агентства. URL: <http://www.rosavtodor.ru> (дата обращения: 15.03.2015).
- Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. URL: http://rosavtodor.ru/storage/b/2014/06/24/trans_strat.pdf (дата обращения: 01.10.2015).
- Пуркин В.И. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог: Учеб. пособие. М.: МАДИ (ТУ), 2000. 141 с.
- Трубы 1.0. Проектирование водопропускных труб. Руководство пользователя. Минск, 2009. 55 с.
- Топоматик Robur. Искусственные сооружения. Версия 1.5. Руководство пользователя. Санкт-Петербург, 2014. 42 с.
- Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.

Проектирование развязок в программном комплексе «Топоматик Robur»

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.14

Овчинников М.А., к.т.н., генеральный директор ООО НПФ «Топоматик» (г. Санкт-Петербург)
Вершков А.А., технический директор ООО НПФ «Топоматик» (г. Санкт-Петербург)

Статья посвящена вопросам проектирования транспортных развязок в разных уровнях при помощи программного продукта «Топоматик Robur». Рассмотрены вопросы подготовки исходных данных и создания объёмной модели проектируемого объекта. Особое внимание уделено автоматизации решения наиболее трудоёмких задач. Ориентировочная последовательность действий показана на примере проектирования левостороннего съезда.

Многоуровневые развязки — это одна из наиболее трудоёмких задач дорожного проектирования. Сложность заключается не только в многочисленных геометрических построениях, но и в трудностях сугубо инженерного характера, таких как рельеф местности, плотность застройки территории, наличие искусственных сооружений и густота коммуникаций. Таким образом, при проектировании требуется всесторонний анализ, максимальная полнота данных и многовариантная проработка решений, что, как прави-

ло, осложняется предельно сжатыми сроками на выполнение работ [1–3].

Настоящая статья посвящена вопросам проектирования транспортных развязок в разных уровнях при помощи программного продукта «Топоматик Robur» (ООО НПФ «Топоматик», г. Санкт-Петербург).

Основная особенность блока задач по проектированию многоуровневых развязок заключается в том, что в процессе работы проектировщик компокует объёмную модель развязки из типо-

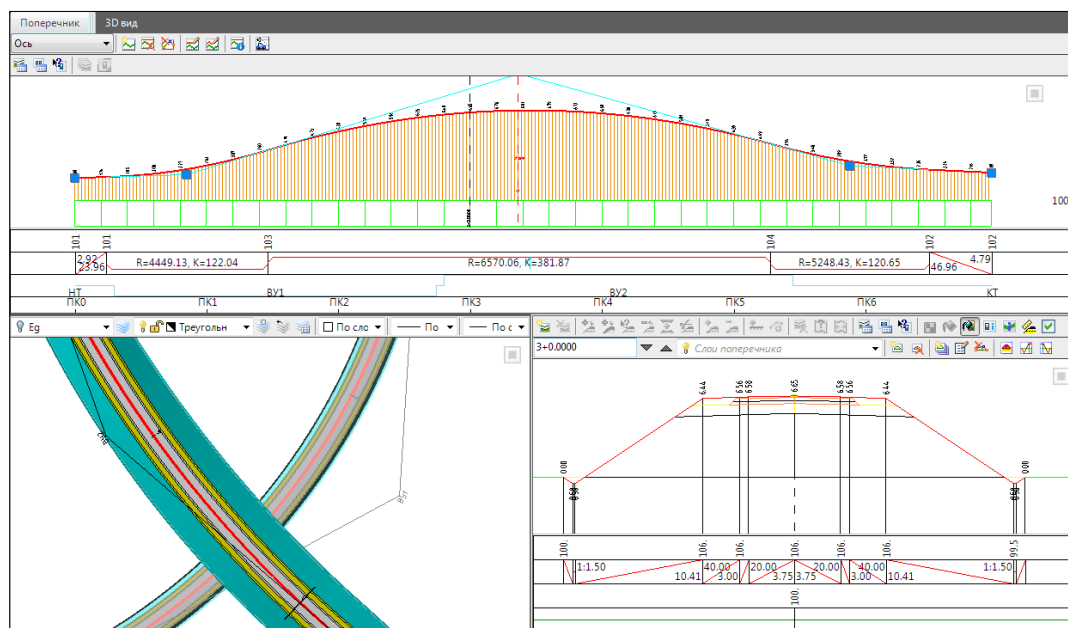


Рис. 1. Подготовка исходных данных в «Топоматик Robur»

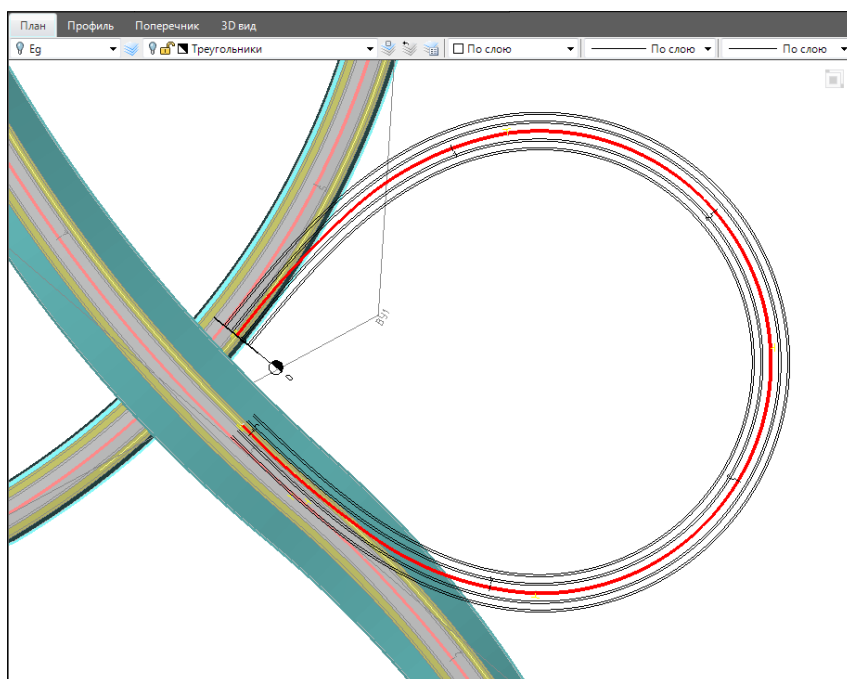


Рис. 2. Горизонтальная планировка съезда в «Топоматик Robur»

вых укрупнённых элементов, таких как съезды, переходно-скоростные и разделительные полосы, островки и разрывы. Это не только позволяет значительно сократить время, но и даёт возможность с минимальными потерями вносить существенные коррективы в практически готовый проект.

Таким образом, проектирование развязки сводится к проектированию составляющих её съездов и дальнейшей их увязки с основными дорогами.

Исходные данные

Для задач планово-высотной увязки съездов достаточно, чтобы по основным дорогам были запроектированы план, профиль, проезжая часть, обочины и разделительные полосы (рис. 1) [4].

Наряду с цифровой моделью местности имеется возможность использовать геологические данные в виде выработок и сечений слоёв на продольном и поперечных профилях.

Горизонтальная планировка съезда

В первую очередь создаётся ось проектируемого съезда. Как правило, наиболее простым и удобным способом является использование специализированного функционала по плановым построениям, позволяющего автоматизировать геометрические

сопряжения элементов право- и левосторонних рампы практически любого очертания. Основные функции данной группы сводятся к добавлению примитивов определённого типа (арки, клотоиды, прямые) или сопряжению их заданной комбинацией элементов [4]. Отметим следующие особенности:

- сопрягаться могут как отдельные примитивы, так и комплексные линии, состоящие из множества сопряжённых отрезков, дуг и клотоид;
- выполняется автоматический подбор первого приближения;
- имеется возможность визуально (при помощи мыши) редактировать параметры сопряжения;
- если сопрягаются окружности, то могут применяться усечённые клотоиды.

Далее задаются ширины и уклоны проезжей части и обочин, проектируются виражи. В результате на плане будут отображены ось съезда и границы соответствующих полос (рис. 2).

Весьма изящно решена проблема с примыканием съезда на круговом участке основной дороги. Для этого на основной дороге задаются так называемые дополнительные оси, повторяющие геометрию основной оси, но с заданным поперечным смещением. Это могут быть как линии границ полос конструкции поперечника, так и произвольные вспомогательные построения. Например, показанная на рисунке 2 ось съезда начинается с усечённой клотоиды и сопрягается с дополнительной криволинейной осью на основной дороге.

Проектирование профиля съезда

Наиболее трудоёмкой операцией при вертикальной планировке съезда является увязка начала и конца профиля съезда с основными дорогами, так как на их общих участках необходимо соблюдение требования равенства отметок и уклонов.

Для решения этой задачи на общем участке намечается ряд сечений (рис. 3). Далее программа рассчитывает отметки контрольных точек, используя известные значения поперечных уклонов в каждом сечении.

В результате создаётся продольный профиль съезда, на котором отображены контрольные точки и проходящая через них проектная линия (рис. 4).

Проектирование продольного профиля по съезду заключается в подборе его параметров таким образом, чтобы обеспечивалось ограничение по максимально допустимому продольному уклону [5, 6]. Если это требование не-

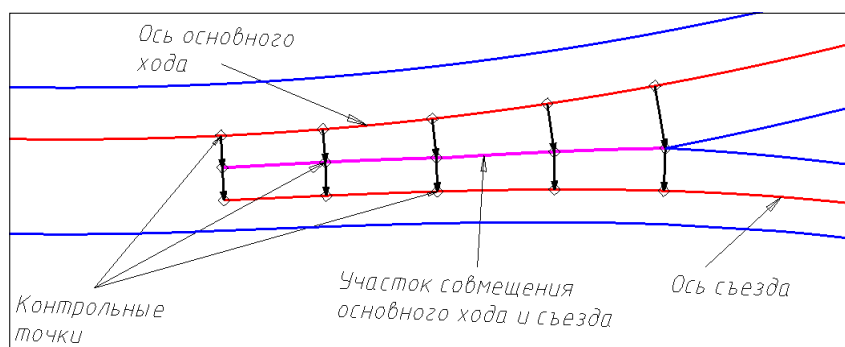


Рис. 3. Схема расположения контрольных точек

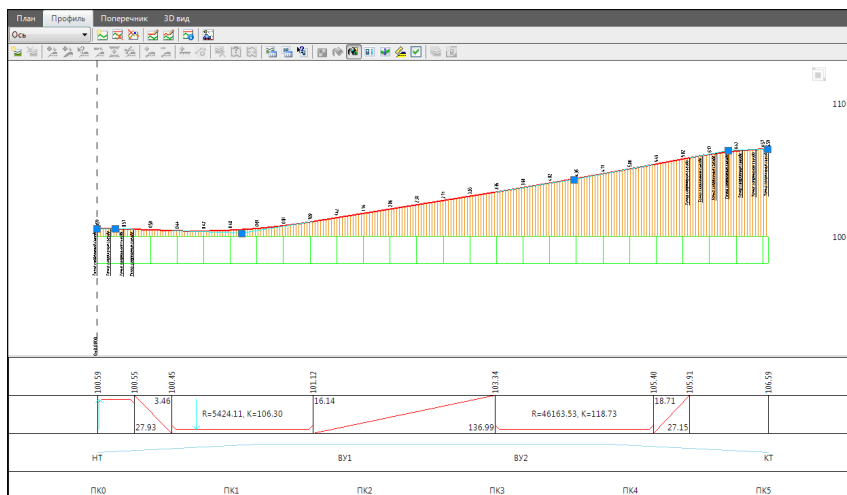


Рис. 4. Профиль съезда в «Топоматик Robur»

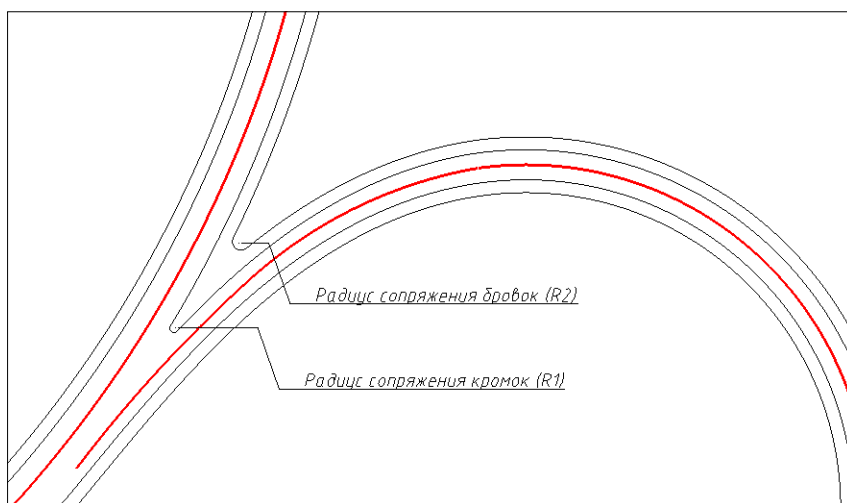


Рис. 5. Сопряжение кромок и бровок

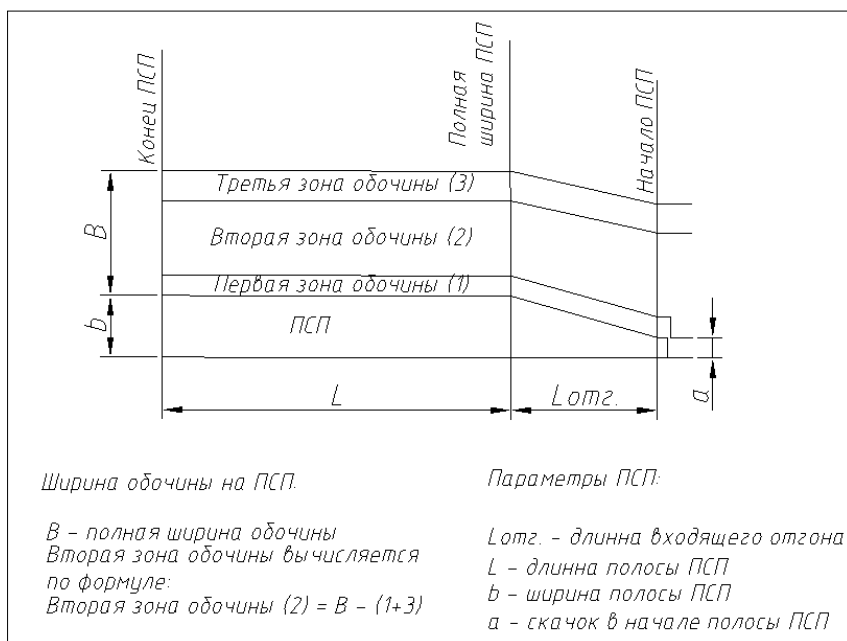


Рис. 6. Параметры переходно-скоростной полосы

возможно выполнить, то проектировщик вынужден менять плановую геометрию съезда в целях увеличения его длины (например, заменять обычные круговые кривые многорадиусными). Часто, в стеснённых условиях, этот процесс повторяется многократно. Имеющийся в распоряжении проектировщика функционал позволяет автоматизировать подбор планово-высотного решения и сократить время на перебор вариантов.

Сопряжение съезда с основными дорогами

После того как определена геометрия съезда, проектируются места его примыкания к основным дорогам. Для этого используется специальный динамический 3D-объект, являющийся частью основной дороги и контролирующей геометрию на протяжении общего участка. При изменении любых параметров как по основной дороге, так и по съезду, происходит пересчёт геометрии примыкания и перестроение проектных поверхностей. В результате существенно сокращаются вспомогательные действия, связанные с перестроением узла примыкания в процессе проектирования развязки.

В первую очередь сопрягаются кромки и бровки (рис. 5). Для этого между соответствующими линиями вписываются сопрягающие круговые кривые, заданные их радиусами.

Далее при необходимости в основные дороги добавляются переходно-скоростные и разделительные полосы (рис. 6, 7).

В результате создаётся ряд проектных поверхностей, моделирующих проезжую часть и обочины в месте сопряжения. Визуальный контроль стыковки поверхностей удобно вести в окне «3D-вид» по критерию совпадения их проектных горизонталей (рис. 8).

Проектирование поперечных профилей по съезду развязки

Окончательное проектирование поперечных профилей заключается в назначении откосов и создании водоотводов. Наиболее трудоёмкой процедурой является взаимная увязка откосов и кюветов съезда с основным ходом.

На участке между точками расхождения бровок и расхождения откосов

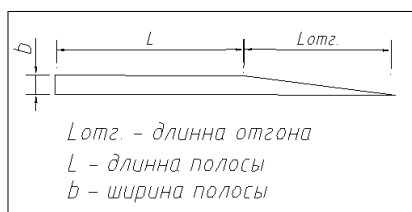


Рис. 7. Параметры разделительной полосы

При изменении любых параметров как по основной дороге, так и по съезду, происходит пересчёт геометрии примыкания и перестроение проектных поверхностей.

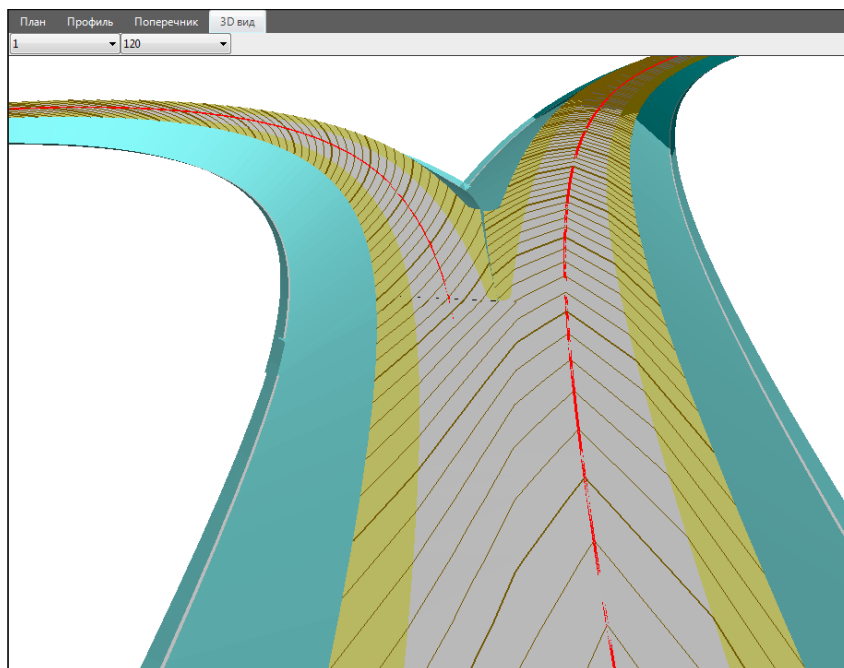


Рис. 8. Визуальный контроль места сопряжения в окне «3D-вид» системы «Топоматик Robur»

автоматически выполняется обрезка откосов основной дороги и съезда по линии их совмещения (рис. 9).

При наличии на совмещённом участке кюветов у съезда, его отметки выравниваются по отметкам кювета основной дороги. После расхождения откосов кюветы проектируются независимо друг от друга.

На рисунке 10 показан вид места примыкания после выполнения окончательной увязки.

Целый ряд удобств при проектировании поперечников в узле стыковки дорог предоставляет редактор конструкций. Например, с его помощью можно объединять подстилающие слои основной дороги и съезда в единый конструктивный слой. Применение конструкций позволяет решать следующие задачи:

- проектировать типовые поперечники путём табличного задания параметров;
- легко создавать поперечники абсолютно любой конфигурации (бордюры, газоны, тротуары, слои дорожной одежды, георешётки, укрепления и т. д.);
- редактировать конкретный поперечник на отдельном пикете.

При проектировании индивидуального поперечника пользователь последовательно добавляет в кон-

струкцию элементы и задаёт их параметры, а программа запоминает последовательность действий и сохраняет её в дереве элементов конструкции. В дальнейшем, когда конструкция применяется на поперечнике, программа последовательно вставляет на данный поперечник все элементы конструкции из дерева, в точности повторяя действия пользователя, которые он выполнял при создании конструкции. Конструкцию можно скопи-

ровать, сохранить в файл, применить на конкретном пикете либо на участке трассы.

Подсчёт объёмов работ

Подсчёт объёмов работ производится последовательно по каждому съезду развязки, а также по основным дорогам. В результате создания узла съезда модифицируются поперечные профили основных дорог за счёт добавления дополнительных элементов, таких

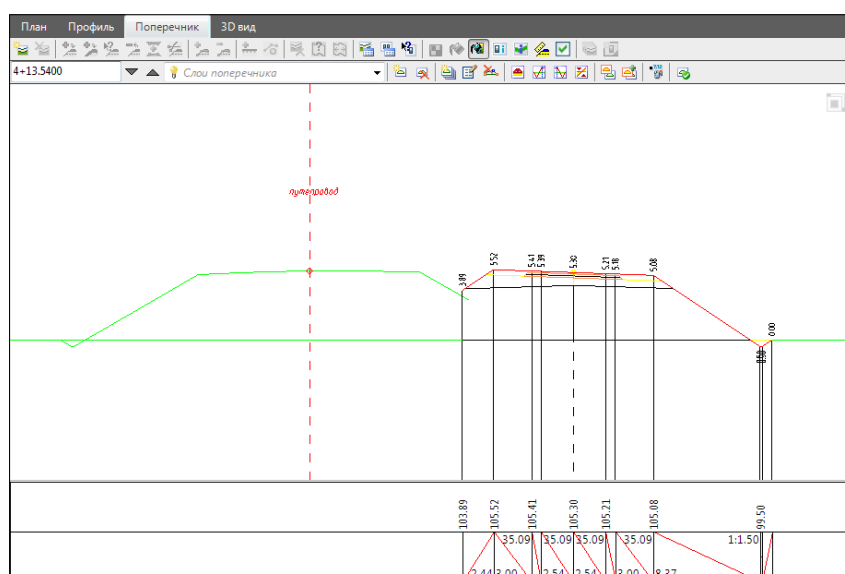


Рис. 9. Поперечный профиль на участке сопряжения в «Топоматик Robur»

...возможность коллективной работы над проектом позволяет существенно сократить сроки выполнения работ и повысить качество проектной документации.

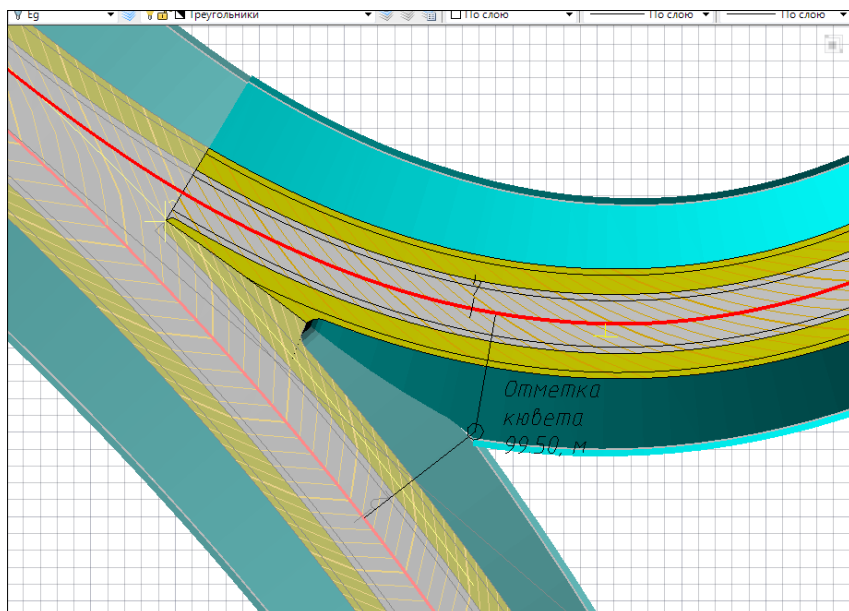


Рис. 10. Запроектированное примыкание

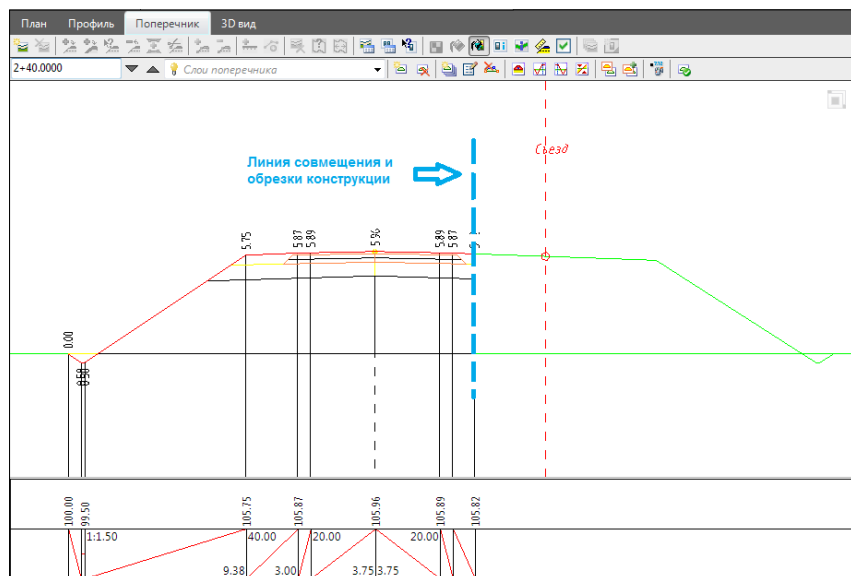


Рис. 11. Схема совмещения основной дороги и съезда

как ПСП, разделительные островки и т.п. Также происходит обрезка части проектных поперечников основного хода по линии совмещения со съездом (рис. 11).

По умолчанию объёмы в пределах общей проезжей части (от точки начала съезда до точки расхождения кромок) включаются в объёмы по основной дороге. После расхождения кромок объёмы считаются отдельно по каждому направлению. Однако при необходимости, используя гибкий функционал редактора конструкции, проектировщик всегда может самостоятельно выделить или добавить необходимый объём в заданном диапазоне поперечных профилей. Индивидуальный шаблон поперечника впоследствии может быть применён как на других съездах проектируемой развязки, так и в других проектах.

Развитие программного комплекса «Топоматик Robur» происходит в соответствии со сложившимися тенденциями современного проектирования. Автоматизация таких сложных задач, как горизонтальная и вертикальная увязка съездов, 3D-анализ, расчёт основных объёмов, оценка проектного решения, формирование выходных ведомостей и чертежей по заданным стандартам, возможность коллективной работы над проектом позволяет существенно сократить сроки выполнения работ и повысить качество проектной документации [6].

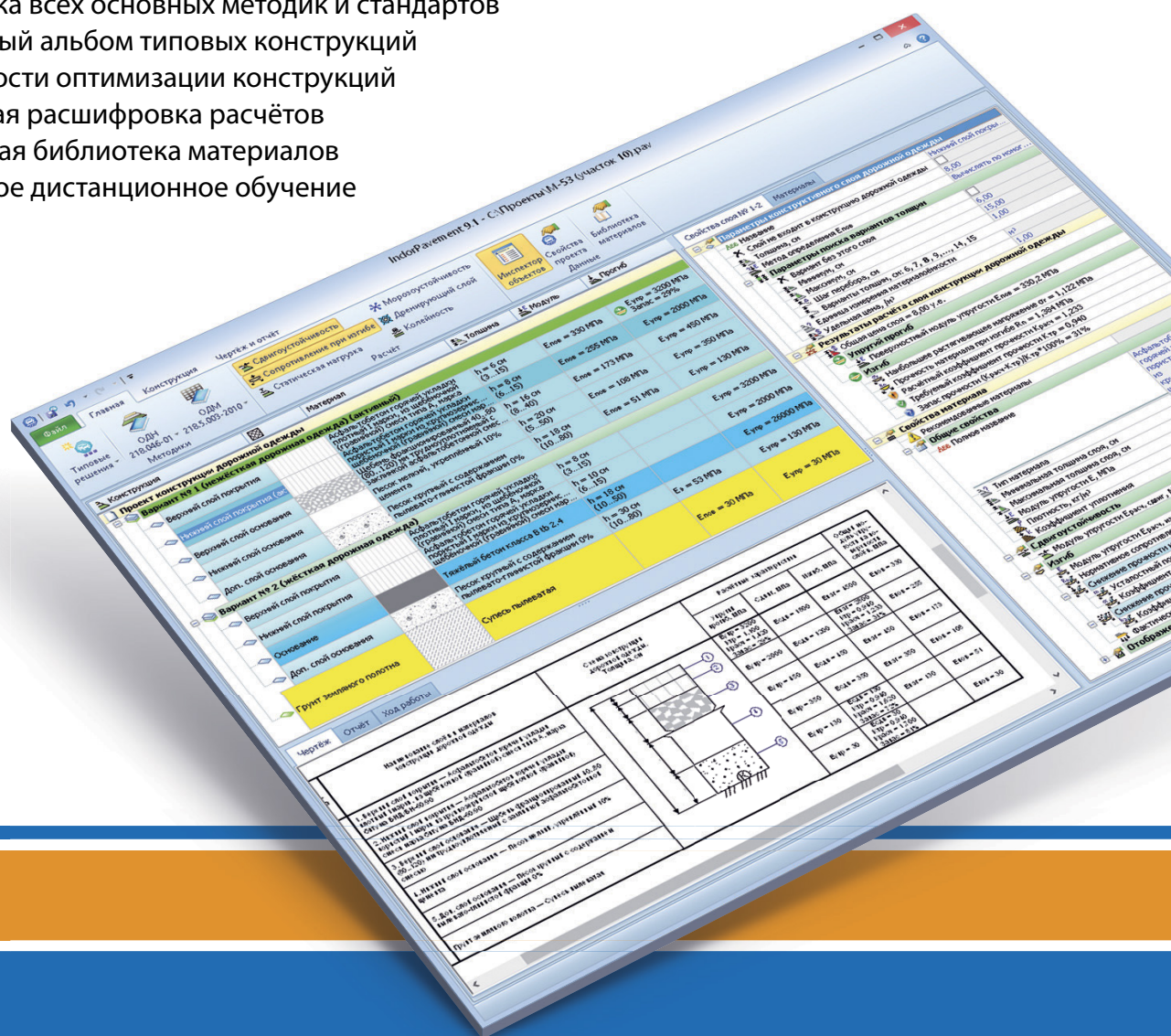
Литература:

1. СНиП 2.05.02–85*. Автомобильные дороги. М., 2013.
2. Пособие по проектированию элементов плана, продольного и поперечного профилей, инженерных устройств, пересечений и примыканий автомобильных дорог: Пособие в развитие СНиП 2.05.02–85. М., 1989.
3. ВСН 103–74. Технические указания по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог. М., 1975.
4. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. М., 1989.
5. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. М., 1993.
6. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. М., 2002.



Проектируйте дорожные одежды в IndorPavement

- Поддержка всех основных методик и стандартов
- Встроенный альбом типовых конструкций
- Возможности оптимизации конструкций
- Подробная расшифровка расчётов
- Встроенная библиотека материалов
- Бесплатное дистанционное обучение



- ОДН 218.046–01, МОДН 2–2002: Прочностные расчёты нежёстких конструкций дорожных одежд, проверка на морозоустойчивость, расчёт морозозащитного, теплоизолирующего и дренирующего слоёв
- СН РК 3.03–19–2006, ВСН 46–83: Прочностные расчёты, проверка на морозоустойчивость, расчёт дренирующего слоя, расчёт усиления — **Методические рекомендации по проектированию жёстких дорожных одежд**: Расчёт сборных покрытий из плит, асфальтобетонных покрытий с цементобетонным основанием, монолитных цементобетонных покрытий — ОДН 218.1.052–2002: Расчёт усиления — ОДН 218.3.039–2003: Расчёт краевых укрепительных полос, обочин, остановочных полос — ОДМ 218.5.003–2010, ОДМ 218.5.001–2009, ОДМ 218.5.002–2008: Расчёт с учётом геосинтетических материалов: упругий прогиб, сдвиг, изгиб, дренаж на осушение.

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

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.15

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

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

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

1. Введение

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

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

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

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

существует и наполняется информацией модель объекта [3].

2. Требования к информационной модели автомобильной дороги

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

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

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

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

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

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

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

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

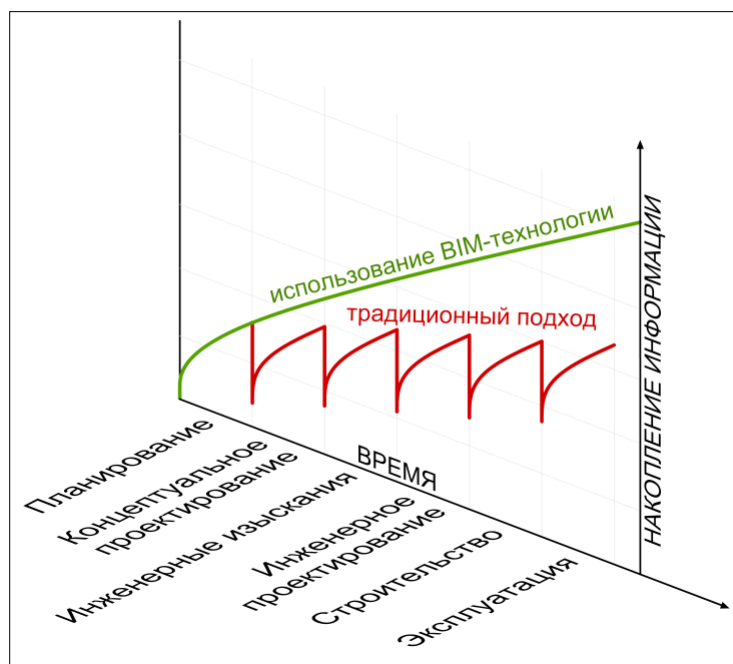


Рис. 1. Потеря информации при традиционном подходе

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

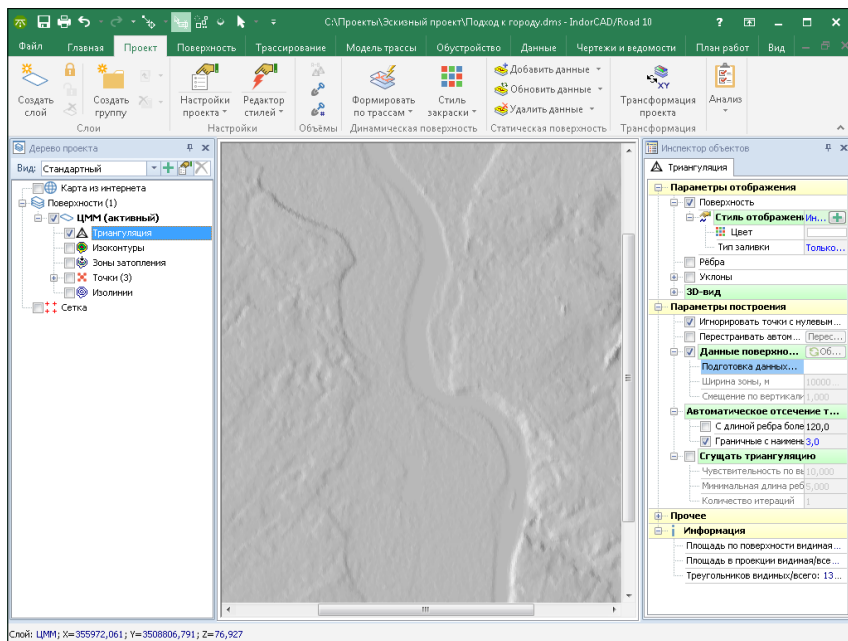


Рис. 2. Модель рельефа, полученная из интернета, в САПР IndorCAD 10

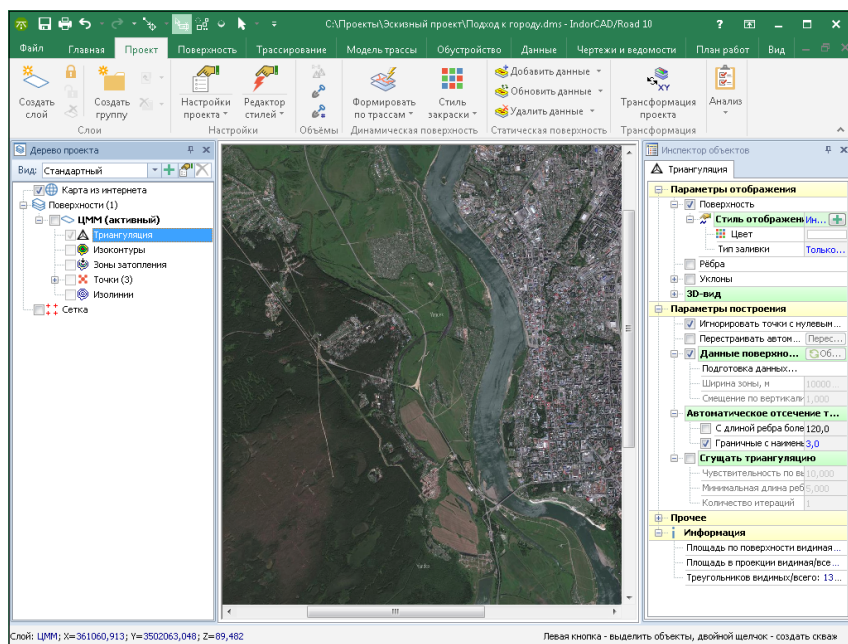


Рис. 3. Использование изображений интернет-карт в IndorCAD 10

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

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

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

3. Стадия планирования

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

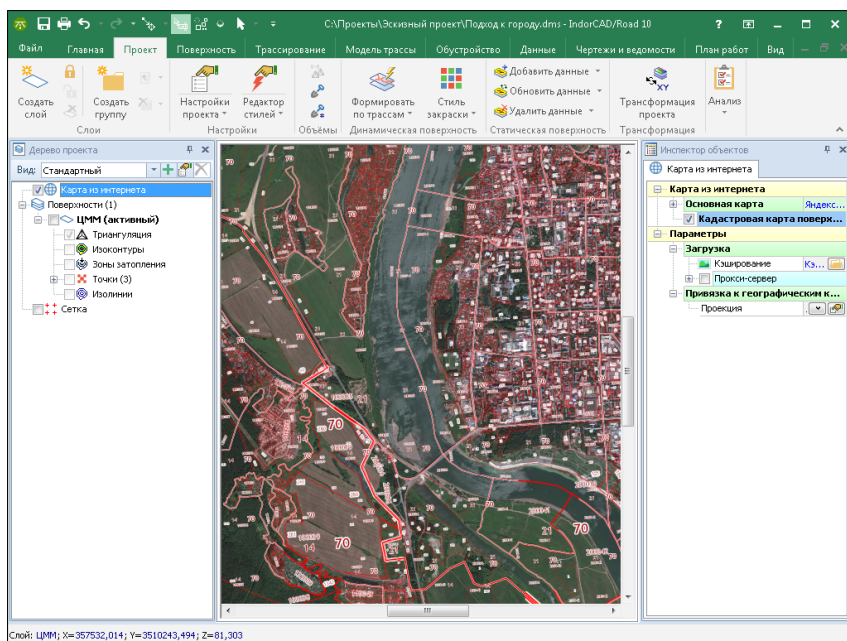


Рис. 4. Наложение кадастровых данных на модель поверхности

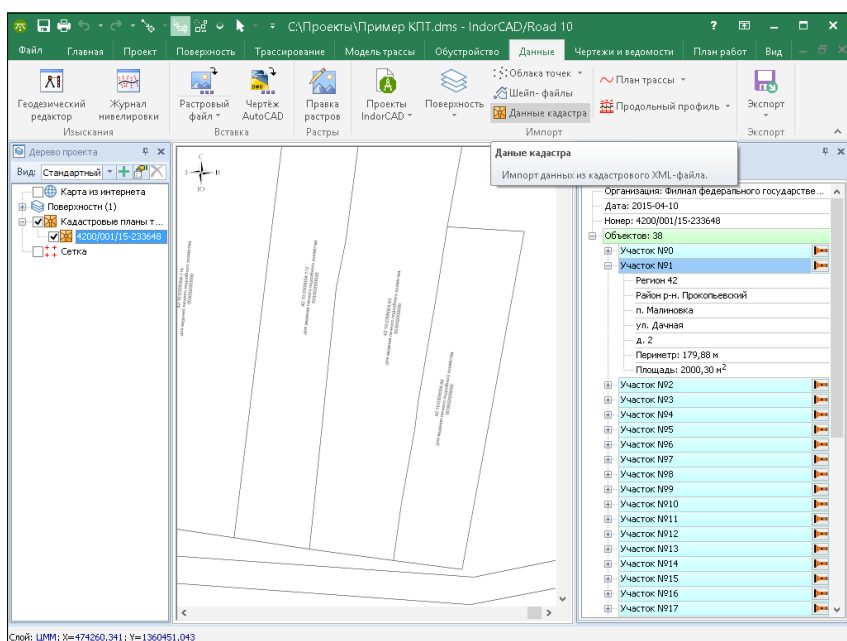


Рис. 5. Информация, получаемая из подключенного кадастрового плана территории

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

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

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

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

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

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

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

4. Стадия проектирования

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

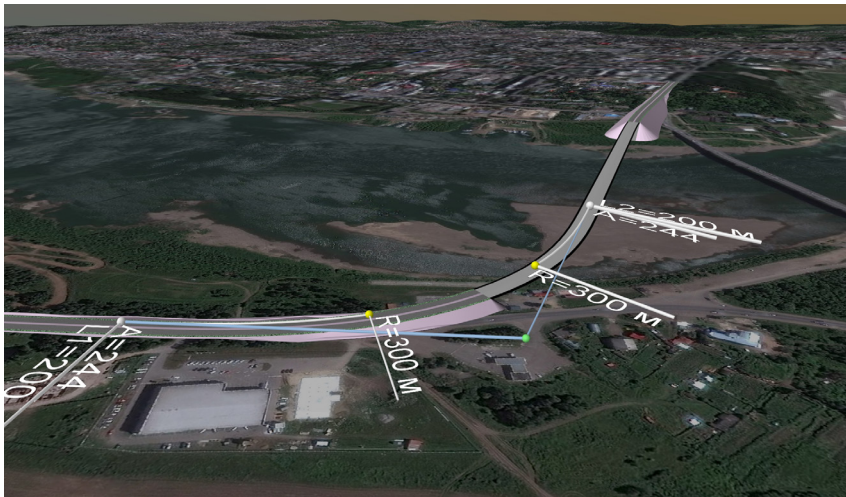


Рис. 6. Концептуальная модель дороги на этапе планирования в IndorCAD 10

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

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

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

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

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

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

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

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

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

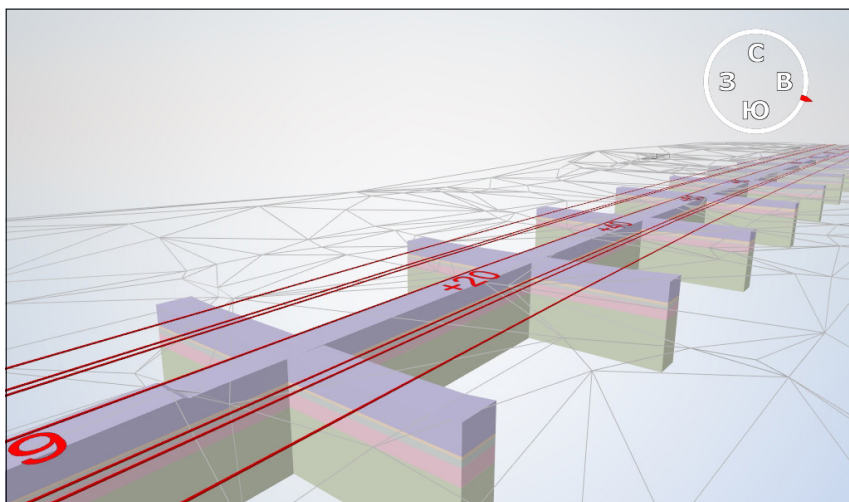


Рис. 7. Сечение геологических слоёв под проектируемой дорогой



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

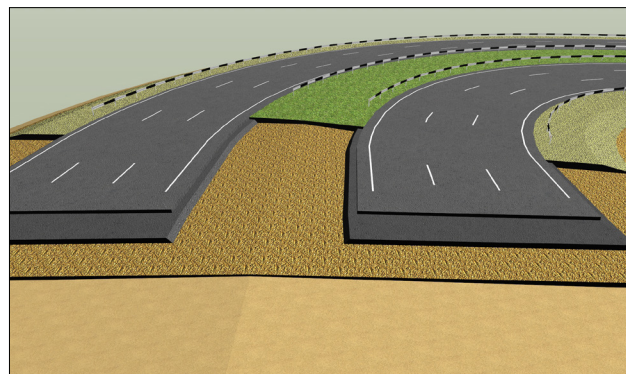


Рис. 9. Послойная модель конструкции дорожной одежды в IndorCAD 10

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

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

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

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

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

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

5. Стадия строительства

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

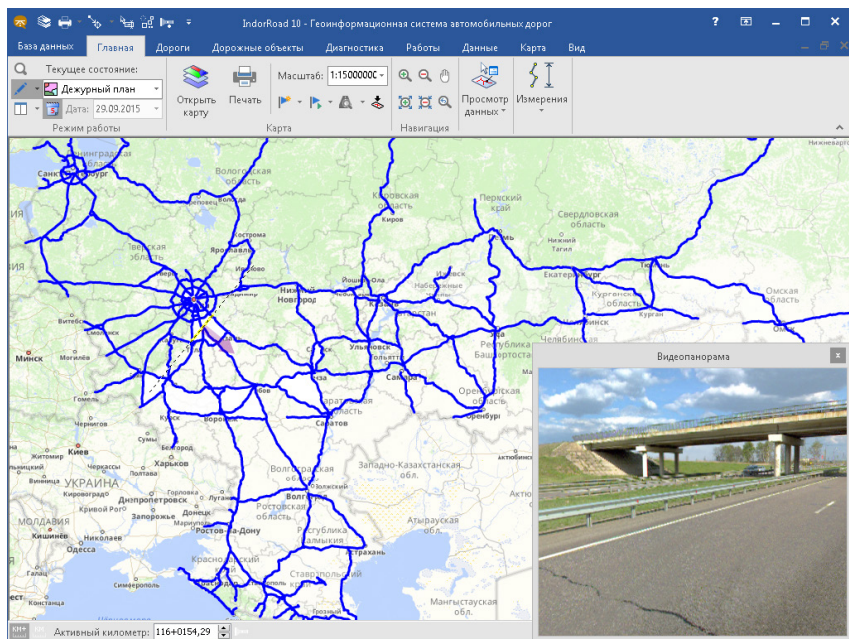


Рис. 10. Внешний вид ГИС автомобильных дорог IndorRoad 10

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

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

6. Стадия эксплуатации

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

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

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

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

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

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

ваться между САПР и ГИС в рамках единой ИМД.

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

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

Заключение

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

использовать сквозную информационную модель дороги.

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

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

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

Литература:

1. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2.
2. Король М.Г. BIM: Информационное моделирование — цифровой век строительной отрасли // Стройматериал. 2014. № 39. С. 26–30.
3. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.
4. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
5. Бойков В.Н., Мирза Н.С., Петренко Д.А., Скворцов А.В. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16.
6. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
7. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
8. Скворцов А.В. Общая среда данных как ключевой элемент информационного моделирования автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 37–41. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.6.
9. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.3.
10. Медведев В.И. Использование интернет-карт в САПР и ГИС в качестве подложек // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 119–125. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.18.
11. Рукавишников Е.Е., Лубкина К.А., Скворцов А.В. Проектирование, расчёт и контроль дорожных одежд // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 33–35. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.7.
12. Гулин В.Н. Цифровые модели для систем управления дорожно-строительными машинами // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 56–59. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.6.
13. Райкова Л.С., Петренко Д.А. Строительство автомобильных дорог на основе 3D-моделей // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 81–85. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.13.
14. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 98–102. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.16.
15. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 47–54. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.10.
16. Скачкова А.С., Кривых И.В., Субботин С.А. Учёт гарантийных обязательств на выполненные работы в ГИС IndorRoad // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 115–119. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.19.
17. Бойков В.Н., Субботин С.А. Анализ дорожно-транспортных происшествий с использованием ГИС IndorRoad // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 74–76. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.16.
18. Кривопапов А.Д., Петренко Д.А., Райкова Л.С. Разработка проектов организации дорожного движения: настоящее и будущее // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 86–92. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.14.
19. Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12–21. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.3.

IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16

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

Мирза Н.С., к.т.н., ведущий разработчик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

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

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

Рассматриваются возможности новой версии системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD 10 для анализа проектных решений. Новые и существующие функции IndorCAD 10 рассматриваются с позиций концепции информационного моделирования, одним из элементов которой является постоянный контроль потенциальных коллизий при трёхмерном моделировании.

Исторически сложившийся комплекс мер по анализу проектных решений, описанный в действующих нормативных документах, к сожалению, не всегда помогает своевременно выявить разнообразные технические проблемы [1]. Связано это в том числе с тем, что анализируется каждый блок проектного решения по отдельности, что, в свою очередь, не гарантирует отсутствия ошибок в целом.

Так как работа над разными разделами проекта (геометрия, обустройство, инженерные сети) строилась независимо, это могло приводить к коллизиям. На смену старой парадигме приходит САПР нового поколения, построенная по концепции информационного моделирования дороги (ИМД), важнейшей функцией которого является контроль коллизий [2].

Переход к новой концепции САПР как части ИМД позволяет предложить новые методы анализа проектных решений, основанных на трёхмерном моделировании и автоматической оценке проектных решений. Данные методы просты и доступны не только специалистам-проектировщикам, но и всем участникам проектного этапа: заказчикам, строителям, экспертам [3].

Анализ проектной поверхности

Использование трёхмерной модели дороги в процессе проектирования открывает неоспоримые преимущества для анализа и обнаружения ошибок. Особенно полезной трёхмерная визуализация становится при проектировании примыканий, пересечений, увязке трасс друг с другом [4].

Как правило, в процессе увязки трасс возникает необходимость плановой и высотной увязки. При этом в процессе увязки происходит конфликт поверхностей трасс, когда каждая из них участвует в формировании проектной поверхности. Любые, даже малейшие, неувязки в отметках очевидным образом моментально проявляются на трёхмерной модели (рис. 1), что позволяет гораздо быстрее обнаруживать проблемы в сравне-

На смену старой парадигме приходит САПР нового поколения, построенная по концепции информационного моделирования дороги (ИМД), важнейшей функцией которого является контроль коллизий.

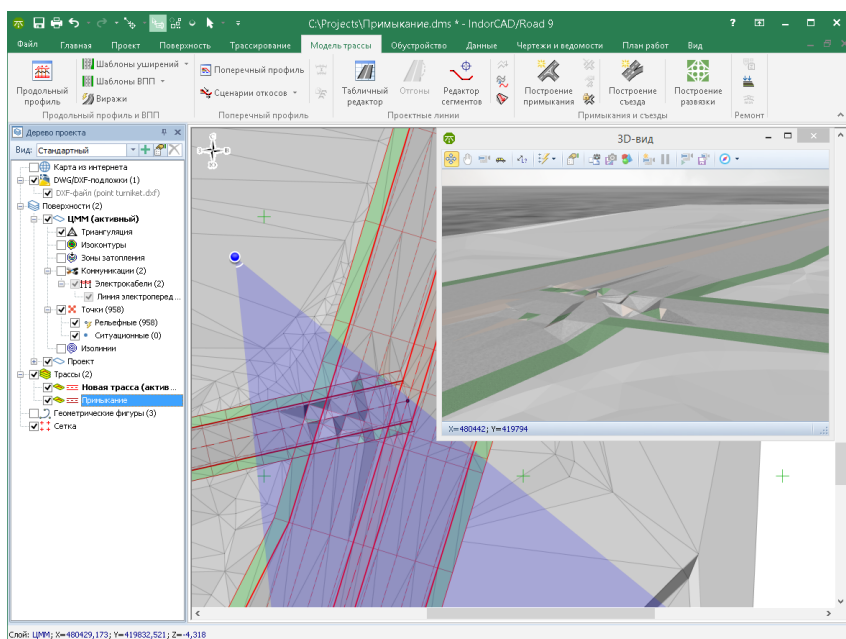


Рис. 1. Обнаружение ошибок при построении примыкания

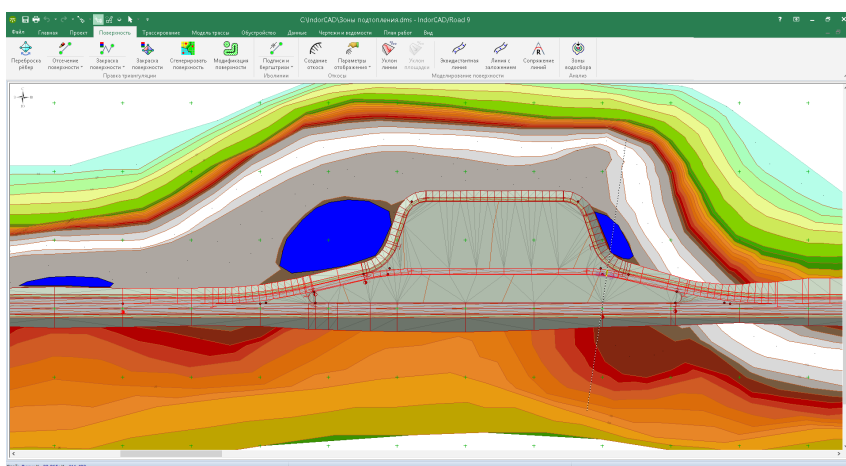


Рис. 2. Отображение зон затопления на плане

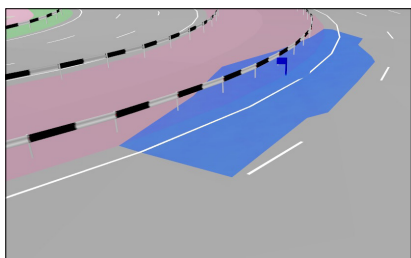


Рис. 3. Отображение зон затопления в трёхмерном виде

нии с классическим методом отображения горизонталей.

Обеспечение водоотвода

Нахождение зон затопления особенно актуально для САПР, так как позволяет обосновать необходимость построения ливневой канализации в заданных участках, а также наглядно продемонстрировать огрехи в процессе проектирования [5].

При этом наличие информационной модели дороги позволяет применить геометрический метод расчёта зон затопления путём анализа триангуляционных моделей поверхностей. Данный метод значительно проще гидродинамических и гидрогеологических методов расчёта, несмотря на ряд упрощений.

Расчёт осуществляется путём простого моделирования. Предполагается, что на поверхность выливается очень большой объём воды, и анализируется уклон поверхности и места углублений, где будет скапливаться вода (рис. 2). В связи с тем, что используется единая модель дороги, результат такого моделирования доступен не только на плане и в сечениях, но и в трёхмерном виде (рис. 3).

Анализ конструкций дорожной одежды

После расчёта дорожной одежды [6] для проектирования геометрической конструкции слоёв дорожной одежды особенно важной является наглядная визуализация конструкции на поперечных профилях трассы.

В связи с тем, что проектирование конструкции дорожной одежды происходит на каждом поперечном профиле отдельно, не всегда можно представить слои как единый пласт материала. И ещё сложнее представить стыковку этих слоёв друг с другом. А ведь от анализа модели дорожной одежды напрямую зависят объёмы материала, а следовательно, цена ошибки достаточно велика.

В то же время возможность трёхмерной визуализации модели позволяет находить ошибки, просматривая слои на предмет пустот и наложений, которые можно обнаружить на участках стыковки разных конструкций или на участках примыканий и пересечений. Обнаружение подобных ошибок очень важно, так как, в свою очередь, даёт возможность повысить точность подсчёта объёмов (рис. 4).

Анализ коридоров движения крупногабаритных транспортных средств

В последнее время в современных САПР стали появляться инструменты, позволяющие проанализировать траектории поворотов и сделать вывод о возможности прохождения поворо-

...наличие информационной модели дороги позволяет применить геометрический метод расчёта зон затопления путём анализа триангуляционных моделей поверхностей.

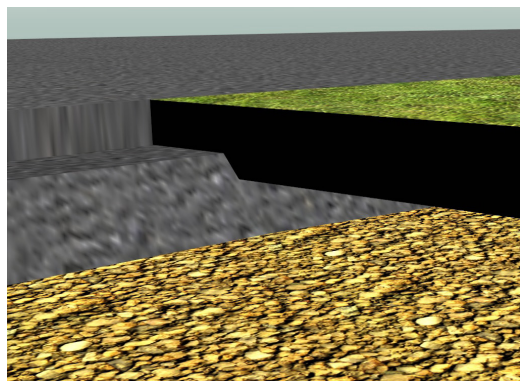


Рис. 4. Отображение дорожной одежды в трёхмерном виде (обнаружение пустот на участке стыковки разных конструкций)

та тем или иным транспортным средством. Если проектный участок предполагается использовать для перевозки грузов с участием крупногабаритных транспортных средств, то необходимость использования данных инструментов очевидна.

В системе IndorCAD процесс моделирования поворота по некоторой траектории движения отображает «след» транспортного средства, который показывает возможность выполнения такого поворота в пределах проезжей части [7].

Для того чтобы начать анализ коридоров движения транспортного средства, необходимо задать его траекторию движения. При этом можно проверить несколько вариантов поворота. Например, при повороте направо можно создать три траектории движения: строго с крайней правой полосы, с левой полосы, со встречной полосы.

После этого нужно выбрать транспортное средство для моделирования процесса прохождения

поворота. Это могут быть как стандартные модели, представленные в библиотеке, так и пользовательские модели, которые можно добавить в библиотеку, настроив необходимые для моделирования параметры.

Далее можно произвести моделирование и увидеть результат на плане и в трёхмерном виде (рис. 5).

Анализ расстояния видимости

Расчёт расстояния видимости автомобильной дороги является одним из базовых показателей безопасности дорожного движения. От расстояния видимости зависит схема организации дорожного движения, необходимость установки ограждений и проведения дополнительных мероприятий для приведения дороги в соответствие с требуемой категорией.

В соответствии с нормативными документами видимость должна быть обеспечена на расстоянии, достаточном для реагирования водителя при обнаружении препятствия или при появлении встречного автомобиля при обгоне.

Наличие информационной модели дороги позволяет использовать трёхмерное моделирование для анализа видимости. Для этого можно для некоторой точки (перед стоящим на дороге автомобилем) виртуально нарисовать препятствие и начать постепенно его отодвигать вдоль проезжей части, анализируя, какой его процент отображается на экране. Как только препятствие исчезнет более чем на половину, считается, что расстояние, на которое удалось отодвинуть препятствие, и есть фактическое расстояние видимости [8].

Такой подход намного превосходит по точности методы анализа видимости, использующие

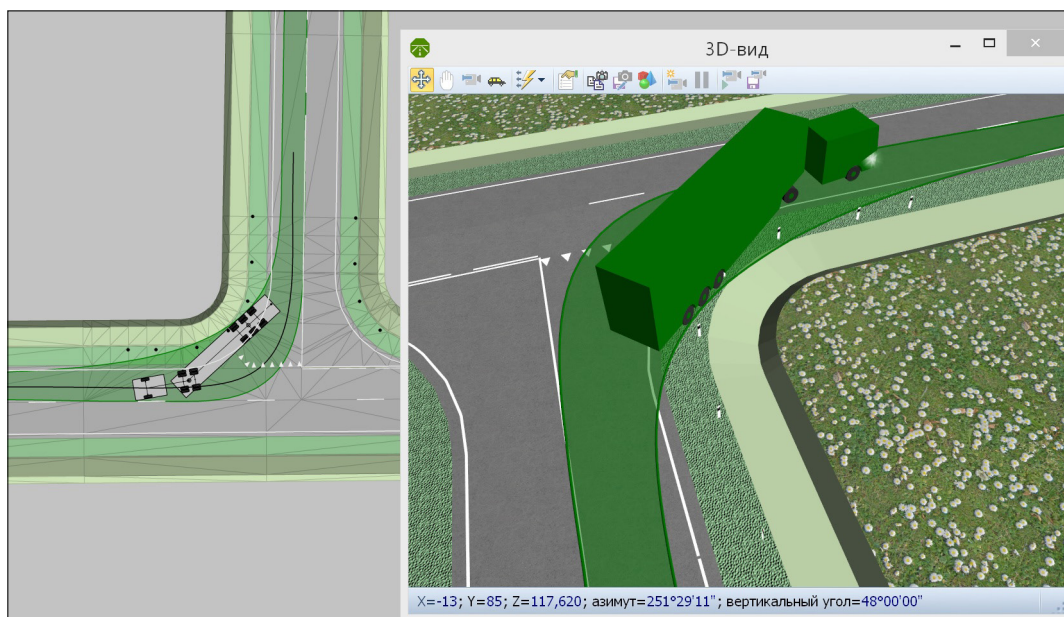


Рис. 5. Результат моделирования поворота грузовика при выезде с примыкания на основную трассу

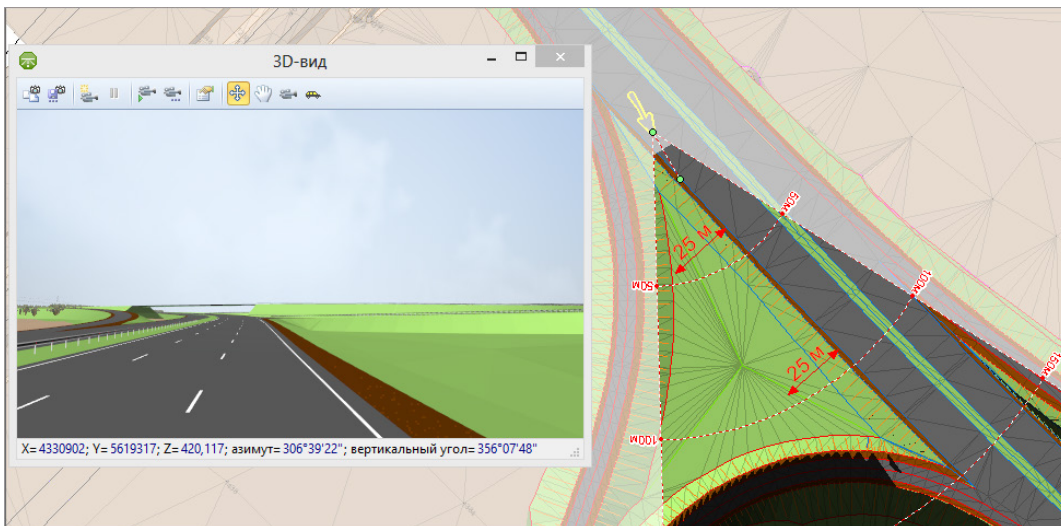


Рис. 6. Отображение невидимых зон из заданной точки

только информацию о плановой геометрии трассы и её продольном профиле. Помимо проектной поверхности при трёхмерном анализе учитываются все объекты, расположенные в области видимости дороги (дорожные знаки, деревья, здания, сооружения и пр.).

Для более наглядного отображения результата предусмотрено два режима.

Режим отображения невидимых зон из некоторой точки

В данном режиме необходимо установить положение и направление камеры в трёхмерном виде. После этого на плане тёмным цветом будут отображаться зоны, которые не видны из данной точки (рис. 6).

Данный режим удобен для анализа проектного решения в целом. Используя режим проезда автомобиля по запроектированным трассам, можно оценить опасные участки, где нарушается минимальное расстояние видимости.

Картограммы видимости

При анализе видимости для выбранной трассы можно построить картограмму, которая показывает, на каких участках нарушается видимость. При этом расчёт производится для встречного автомобиля и для препятствия на дороге (как в прямом, так и в обратном направлениях движения). С учётом рекомендаций СНиП выбирается необходимое минимальное расстояние видимости, и в случае его нарушения участки с необеспеченной видимостью выводятся красным цветом. Если же видимость на трассе обеспечивается, то на картограмме присутствуют исключительно зелёные участки (рис.7).

Анализ коллизий инженерных сетей

План инженерных сетей при проектировании в городе представляет достаточно сложный объ-

ект для анализа [9]. В связи с большой концентрацией различных коммуникаций вблизи дороги не всегда можно отследить наличие в нём ошибок.

Однако использование трёхмерной информационной модели позволяет достаточно просто выявить некоторые коллизии в инженерных сетях.

При анализе видимости для выбранной трассы можно построить картограмму, которая показывает, на каких участках нарушается видимость. При этом расчёт производится для встречного автомобиля и для препятствия на дороге (как в прямом, так и в обратном направлениях движения).

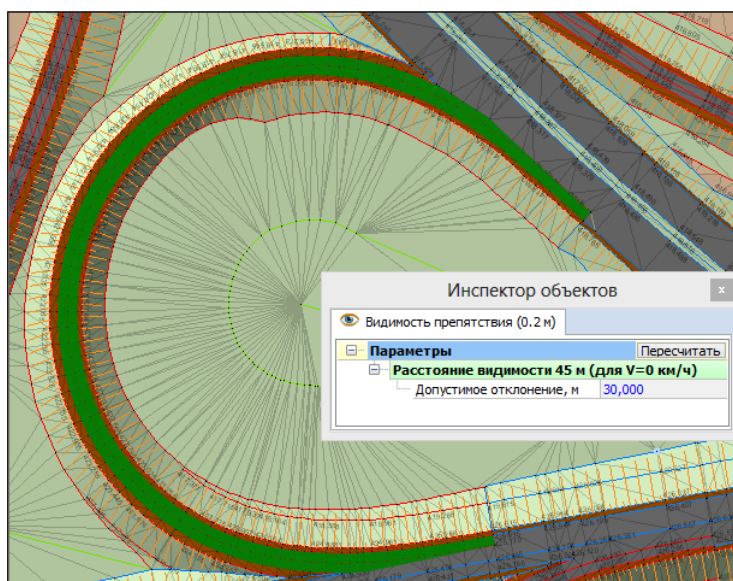


Рис. 7. Резултат анализа видимости съезда

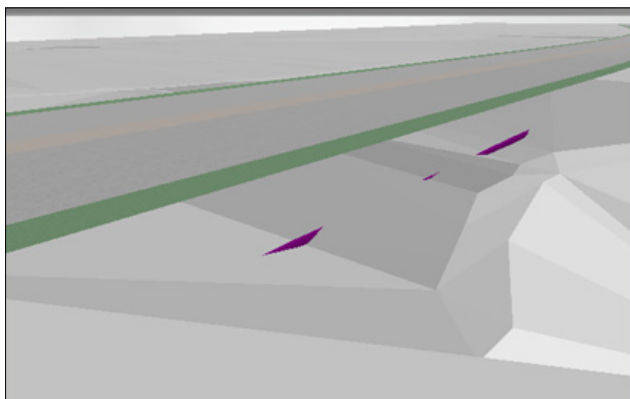


Рис. 8. Ошибка при задании глубины залегания существующего трубопровода

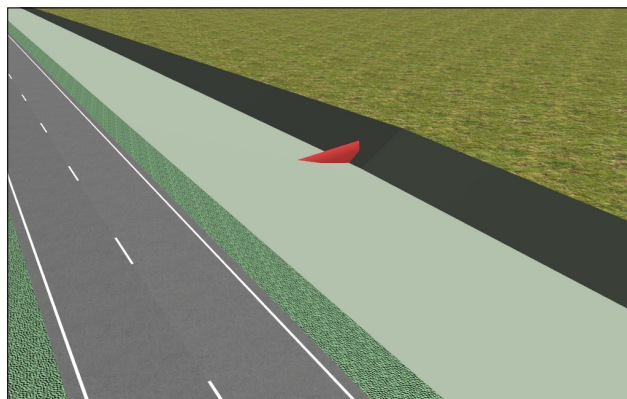


Рис. 9. Оголение трубопровода на выемке

Оголение трубопроводов

При проектировании трубопроводов (нанесении существующих) обычно задаются отметки в узлах (колодцах). При этом данные в профилях отображаются путём вычисления пересечения секущей линии с участком трубопровода. В этом случае высока вероятность ошибок при сложной конфигурации рельефа.

Находить такие ошибки без анализа трёхмерной модели практически не представляется возможным. В то же время достаточно беглого осмотра трёхмерной модели сети и поверхности рельефа, чтобы отчётливо увидеть места оголения трубопроводов (рис. 8).

К тому же в процессе проектирования необходимо учитывать глубину залегания существующих трубопроводов. При этом, например при достаточно сильном раскрытии выемки или при углублении кювета, может произойти оголение трубопровода. Такие ошибки тоже очень легко обнаружить с помощью анализа трёхмерной модели проекта (рис. 9).

Близость ситуационных объектов

В процессе проектирования необходимым этапом является анализ наличия ситуационных объектов, близких к участку проектирования. В случае присутствия таких объектов необходимо

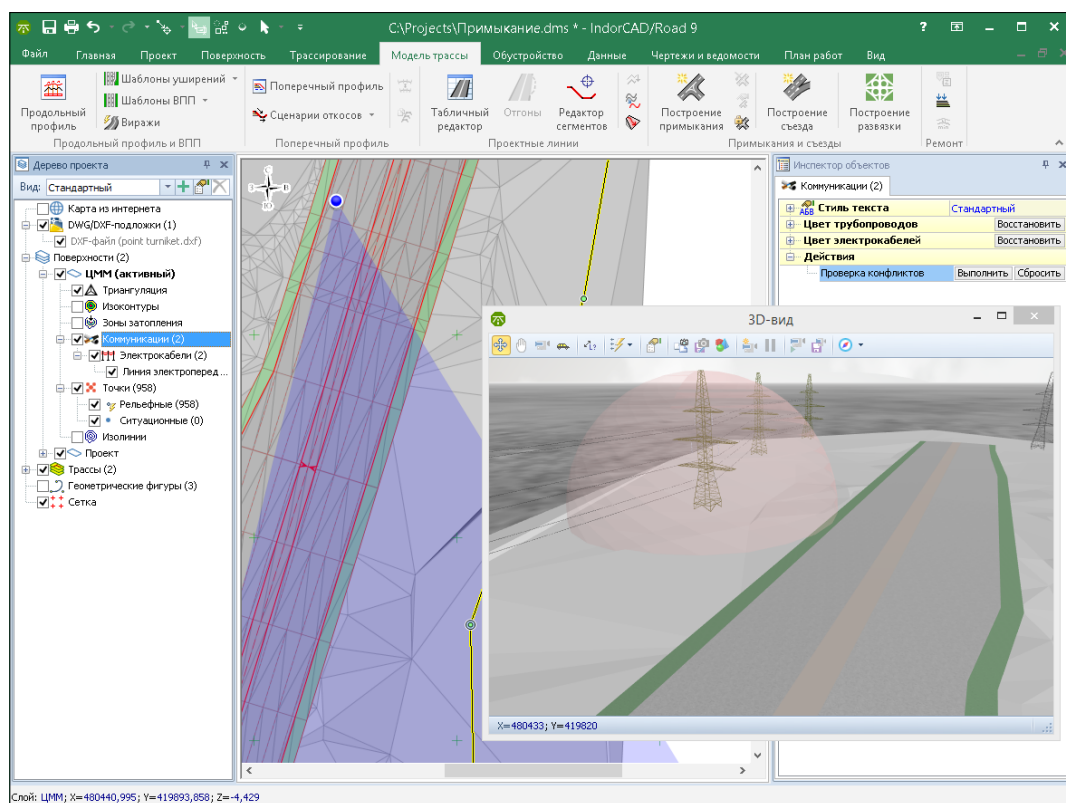


Рис. 10. Отображение коллизии при слишком близком расположении трассы относительно ЛЭП

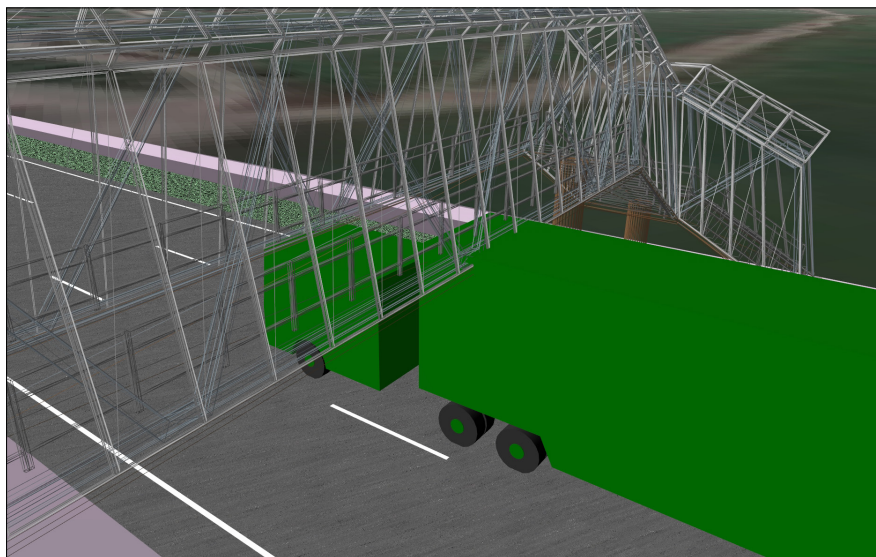


Рис. 11. Пример коллизии при загрузке модели моста из формата IFC

принимать соответствующие решения об изменении плана трассы, либо переносе (удалении, сносе) объектов.

В качестве объектов для анализа близости расположения могут выступать существующие инженерные сети, линии электропередачи, здания, сооружения, зелёные насаждения и пр.

Например, при анализе попадания линий электропередачи в опасную близость от дороги необходимо учитывать различные параметры: напряжение и высоту опоры, категорию дороги и др.

Если просто смотреть на чертёж сетей и месторасположение опор, то найти участки, где нарушается условие минимального расстояния (или габарита) относительно дороги, не всегда просто. Особенно в условиях городской застройки и наличия огромного количества объектов в зоне проектирования.

Именно поэтому ещё одним важным применением информационной модели дороги является анализ близости объектов относительно поверхности проектируемой трассы (рис. 10).

Обмен данными со сторонними программами

Важнейшей функцией САПР при реализации концепции ИМД является обмен данными со смежными программными продуктами [10, 11]. Однако при загрузке и интерпретации данных сторонних форматов могут возникать конфликты моделей, которые с лёгкостью можно обнаружить,

используя трёхмерную визуализацию и оценку проекта.

Так, например, при загрузке данных из формата IFC можно не сразу увидеть ошибки. Однако достаточно просмотреть стыковку новой подгруженной модели с существующей моделью дороги в трёхмерном виде, чтобы сразу обнаружить коллизии и исправить их (рис. 11).

Заключение

Приведённые примеры оценки проектных решений и выявления коллизий являются далеко не исчерпывающими, но наглядно показывающими, куда должен развиваться функционал САПР АД в соответствии с новой парадигмой ИМД. Это безусловно позволит повысить эффективность труда инженеров-проектировщиков, улучшит качество дорог и повысит безопасность дорожного движения. ■

Литература:

1. Скворцов О.В. Плохие нормы — плохие дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 57–62. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.9.
2. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
3. Петренко Д.А. Эффективное управление информацией на всех этапах ЖЦ АД // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 75–79. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.12.
4. Кривых И.В., Мирза Н.С. Проектирование транспортных развязок в IndorCAD // САПР

и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 36–41. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.8.

5. Мирза Н.С. Геометрический подход для решения задачи расчёта зон затопления // Труды 17-й международной конференции по компьютерной графике и её приложениям «Графикон'2007» М.: Московский государственный университет, 2007. С. 290–292.
6. Рукавишников Е.Е., Лубкина К.А., Скворцов А.В. Проектирование, расчёт и контроль дорожных одежд // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 33–35. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.7.
7. Скворцов А.В., Байгулов А.Н., Мотуз В.О. Траектории движения и расчёт динамических коридоров транспортных средств в IndorCAD/Road // Дорожная держава. 2012. № 43. С. 30–33.
8. Петренко Д.А., Понамарёв И.Н., Бойков В.Н., Скворцов А.В. Оценка пространственной видимости с помощью 3D-моделирования // Дорожная держава. 2012. № 42. С. 19–21.
9. Мирза Н.С. Учётные тенденции // Автомобильные дороги. 2011. № 11. С. 56–57.
10. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
11. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги, 2015, № 2, с. 84–89.

Расчёт жёстких дорожных одежд с помощью IndorPavement

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.17

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

Рассматривается преимущество жёстких дорожных одежд перед нежёсткими. В качестве системы автоматизированного расчёта жёстких дорожных одежд автором статьи предлагается использование системы IndorPavement («ИндорСофт», г. Томск). Рассказывается о способах конструирования жёстких дорожных одежд (вручную и с помощью встроенного альбома типовых решений), использовании библиотеки материалов, а также возможных видах расчётов с последующей оптимизацией конструкции.

Введение

Автомобильные дороги России протянулись более чем на 1 млн. км. В последние годы в связи с постоянно возрастающей интенсивностью дорожного движения состояние существующих дорог значительно ухудшилось, т.к. их прочностные характеристики перестали соответствовать принимаемым нагрузкам. При строительстве новых дорог повышения прочности добиваются путём утолщения дорожных одежд и применения геосинтетических материалов, однако такой подход невозможно применять вечно, и на его смену должны прийти дорожные одежды друго-

го типа — жёсткие, обладающие улучшенными характеристиками [1].

Для облегчения этапа проектирования подобных дорожных одежд компания «ИндорСофт» предлагает использовать систему автоматизированного проектирования IndorCAD [2] в связке с системой автоматизированного расчёта IndorPavement [3]. Система расчёта известна на рынке программного обеспечения уже более пяти лет и смогла успешно зарекомендовать себя среди проектировщиков. С её помощью можно производить расчёт нежёстких и жёстких типов конструкций как для нового строительства, так



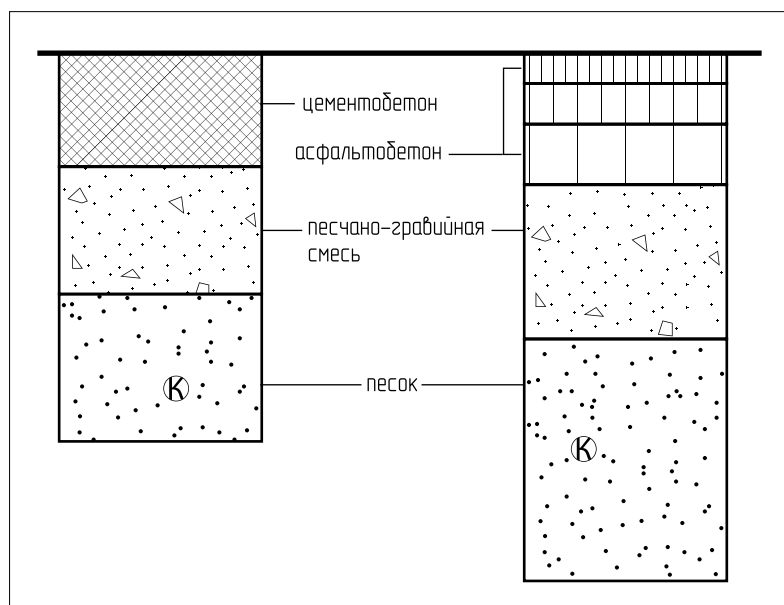


Рис. 1. Пример нежесткой и жесткой конструкций дорожных одежд

и для усиления существующих дорожных одежд в соответствии с действующими нормативными документами.

Нежесткие и жесткие дорожные одежды

Автомобильные дороги, как правило, состоят из земляного полотна и дорожной одежды, а дорожная одежда, в свою очередь, представляет из себя набор таких слоёв, как покрытие, основание и подстилающий слой, и должна обеспечивать движение автомобилей заданного веса с расчётной скоростью, обладать устойчивостью против влияния климатических факторов. При этом дорожные одежды можно разделить на две категории: нежесткие и жесткие (рис. 1). Нежесткие дорожные одежды включают слои покрытия из

крупнозернистого и мелкозернистого асфальтобетона и дётебетона, а также щебёночных и гравийных материалов, обработанных вяжущим и пр. К жестким относят дорожные одежды с монолитными и сборными цементобетонными покрытиями на различных видах основания, а также с асфальтобетонным покрытием на основаниях из бетона различной прочности. Жесткие дорожные одежды с цементобетоном могут быть монолитными и сборными, однослойными и двухслойными, армированными и неармированными, с применением обычного бетона или предварительно напряжённого.

Дорожная одежда может различаться по своим прочностным характеристикам в зависимости от предполагаемых интенсивности и состава движения, грузонапряжённости, расчётной ско-

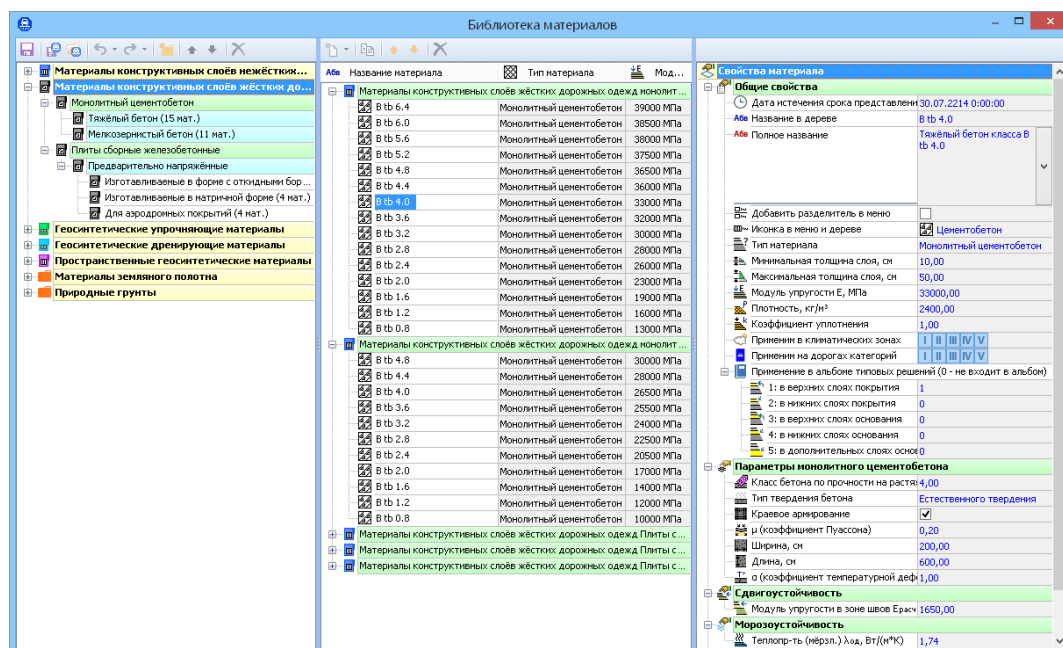


Рис. 2. Жесткие дорожные одежды в библиотеке материалов в IndorPavement

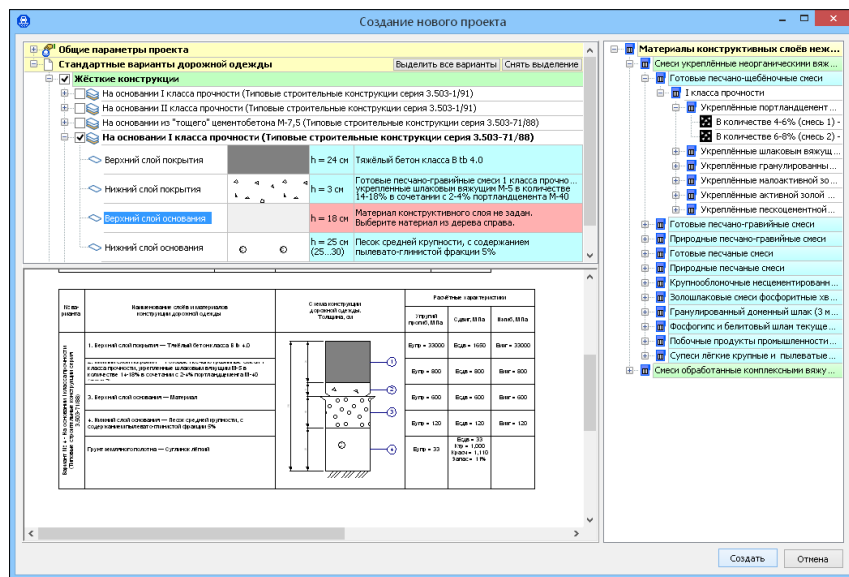


Рис. 3. Пример шаблона жёсткой дорожной одежды в IndorPavement

рости. В то же время дорожная одежда должна отвечать следующим требованиям: прочность её должна обеспечивать отсутствие просадок и высокое сопротивление износу; ровность поверхности должна обеспечивать возможность движения с высокими скоростями; шероховатость поверхности должна обеспечивать хорошее сцепление колёс автомобиля с покрытием. Главными факторами, от которых зависит выбор конструкции дорожной одежды, являются интенсивность и состав движения. Чем больше интенсивность движения автомобилей

по дороге, тем быстрее изнашивается дорожная одежда, следовательно, при большой интенсивности движения должна быть устроена более прочная конструкция.

На сегодняшний день самые распространённые дорожные одежды в России — это нежесткие. При этом прочность нежестких дорожных одежд не всегда достаточная для современных нагрузок. Асфальтобетон обладает меньшей прочностью по сравнению, например, с цементобетоном. Дополнительно он обладает плохой морозостойкостью, т.е. при

понижении температуры в асфальтобетонном покрытии образуются внутренние растягивающие напряжения, в следствие которых появляются трещины, что доказывают экспериментальные исследования. С другой стороны, при значительном повышении температуры асфальтобетон также не проявляет лучших характеристик, теряя в прочности и проявляя свойства вязкопластичного материала. Время службы такого покрытия составляет всего от 2 до 5 лет до первого ремонта в условиях использования шипованных шин и постоянно возрастающей интенсивности движения. Основным конкурентом асфальтобетона — цементобетон. Преимуществом цементобетонных покрытий является высокая прочность, ровность и в то же время достаточная шероховатость, обеспечивающая хорошее сцепление автомобильных шин с поверхностью дороги. Срок службы жёсткой конструкции с применением цементобетона или сборных железобетонных плит намного выше и может составлять до 30–35 лет, в то время как срок службы нежесткой конструкции — 15–20 лет до первого капитального ремонта. В пересчёте на значительный срок службы экономичность жёстких дорожных одежд становится бесспорной.

Расчёт жёстких дорожных одежд

Методы расчёта жёстких дорожных одежд, принятые в европейских странах, США, Канаде, в основном соответствуют методам, принятым в нашей стране. Для автоматизированного расчёта дорожных одежд рассмотрим систему IndorPavement (ООО «ИндорСофт», г. Томск). Проектирование жёсткой дорожной одежды в системе IndorPavement начинается с выбора подходящего конструктивного решения, учитывающего геологические, гидрологические, погодные-климатические и прочие особенности. Вместе с системой поставляется обширная библиотека материалов, содержащая около тысячи наименований и включающая в себя материалы из нормативной документации и материалы производителей, широко представленные на рынке. Материалы для дорожных одежд жёсткого типа выделены в отдельную группу «Материалы конструктивных слоёв жёстких дорожных одежд» и представ-

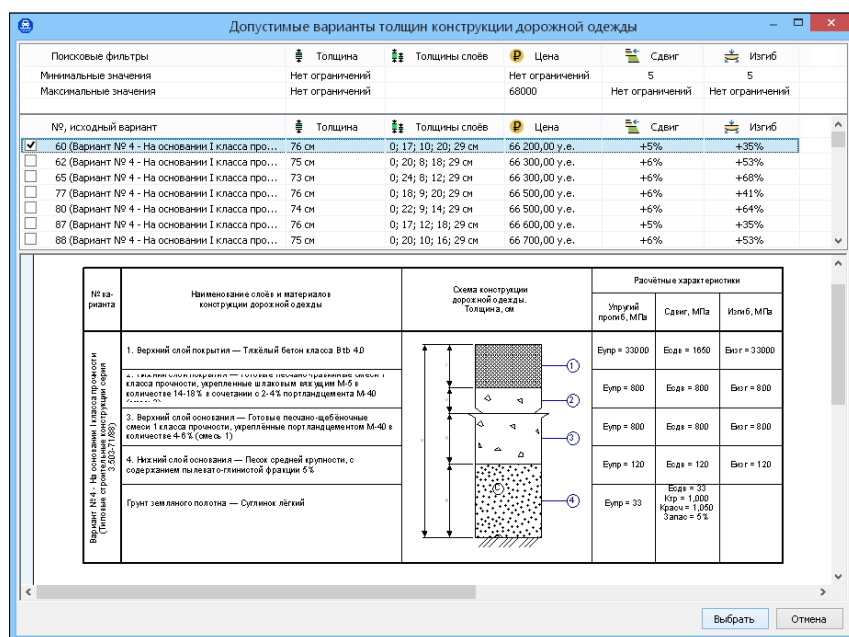


Рис. 4. Поиск оптимальной конструкции жёсткой дорожной одежды

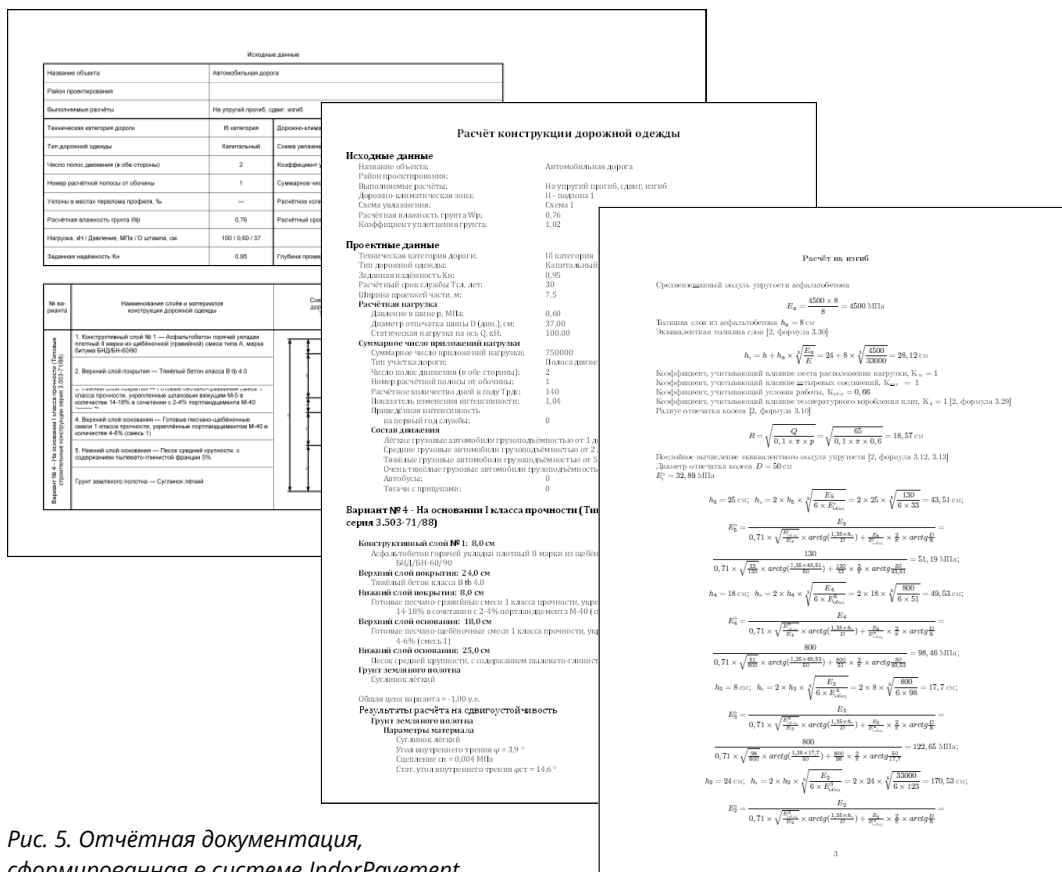


Рис. 5. Отчётная документация, сформированная в системе IndorPavement

Асфальтобетон обладает меньшей прочностью по сравнению, например, с цементобетоном. Дополнительно он обладает плохой морозоустойчивостью, т.е. при понижении температуры в асфальтобетонном покрытии образуются внутренние растягивающие напряжения, в следствие которых появляются трещины, что доказывают экспериментальные исследования.

лены тяжёлым и мелкозернистым монолитным цементобетоном, а также сборными железобетонными плитами (изготавливаемыми в форме с откидными бортами, в матричной форме и для аэродромных покрытий) (рис. 2). Для конструкций жёстких дорожных одежд можно отдельно задать способ твердения бетона (естественного твердения, пропаренный), наличие краевого армирования, является ли плита предварительно напряжённой или нет, её вес и размер, наличие штыревых соединений в поперечных швах. При отсутствии нужного материала в данной библиотеке инженер-дорожник может добавить его самостоятельно и впоследствии использовать в различных проектах.

Использование подобной библиотеки материалов делает возможным этап конструирования дорожной одежды, но всё же требует от пользователя специализированных знаний и подчас большого личного опыта. Поскольку проектирование жёстких дорожных одежд не является на данный

момент популярным и применяется скорее всего в исключительных случаях, для упрощения конструирования в процессе проектирования дорожной одежды инженер может воспользоваться уникальным инструментом, реализующим работу с альбомами типовых решений (рис. 3). Суть инструмента проста: достаточно ввести набор исходных данных, описывающий район проектирования и дорогу, и система предложит список подходящих шаблонов конструкций. Для каждого шаблона определён набор типов слоёв, их толщины и список допустимых для применения материалов. Преимущества данного подхода для инженера очевидны — за минимальное время можно получить проверенное решение, которое далее можно «встроить» в проект и адаптировать под существующую нагрузку и пр.

После конструирования дорожную одежду необходимо проанализировать, рассчитав её прочностные показатели, возможно, проверить её дренирующие и морозозащитные свойства.

Расчёт ведётся в соответствии с действующим нормативным документом «Методические рекомендации по проектированию жёстких дорожных одежд» [4] и включает такие расчёты, как расчёт монолитных цементобетонных покрытий и расчёт асфальтобетонных покрытий с цементобетонным основанием, определение расчётных характеристик сборных покрытий из плит. На последующем этапе запроектированную дорожную одежду можно оптимизировать по одному из критериев (стоимость, общая прочность, общая толщина дорожной одежды, морозоустойчивость и др.), варьируя толщины слоёв в заданных пределах (рис. 4). Данный подход весьма эффективен и позволяет найти не только оптимальное решение на исходных данных, но и подобрать альтернативные решения, которые затем можно добавить в проект для проведения технико-экономического сравнения.

Заключительным этапом разработки проекта дорожной одежды является формирование отчётной документации для представления конструктивного решения у заказчика и обоснования своего решения в органах Государственной экспертизы. Это ответственный этап, на котором решается вопрос о жизнеспособности данного проекта. В системе IndorPavement реализовано несколько инструментов, позволяющих подготовить наглядные и полные материалы: чертёж конструкции, краткий вводный отчёт о расчёте жёсткой дорожной одежды, детальная расшифровка по производимым расчётам. Каждый из этих документов является незаменимым блоком, служащим определённой цели (рис. 5). С помощью краткого отчёта, формируемого автоматически системой и поддерживаемого в актуальном состоянии при внесении любых изменений, инженер-дорожник может сделать вывод о необходимости внесения изменений в проект, отследить ход расчёта по ключевым расчётным характеристикам. Чертёж является визуальным продолжением краткого отчёта и содержит конструктивную и расчётную схемы, а также таблицу технико-экономического сравнения вариантов, если в проект заложено несколько вариантов конструкции. Последний и наиболее полный документ — детальная расшифровка по расчёту — содержит подробное описание хода выполнения каждого расчёта, выкладки по формулам, ссылки на нормативные документы и пр. и позволяет не только самостоятельно убедиться в правильности расчёта, но и аргументировать свою позицию перед взыскательной комиссией.

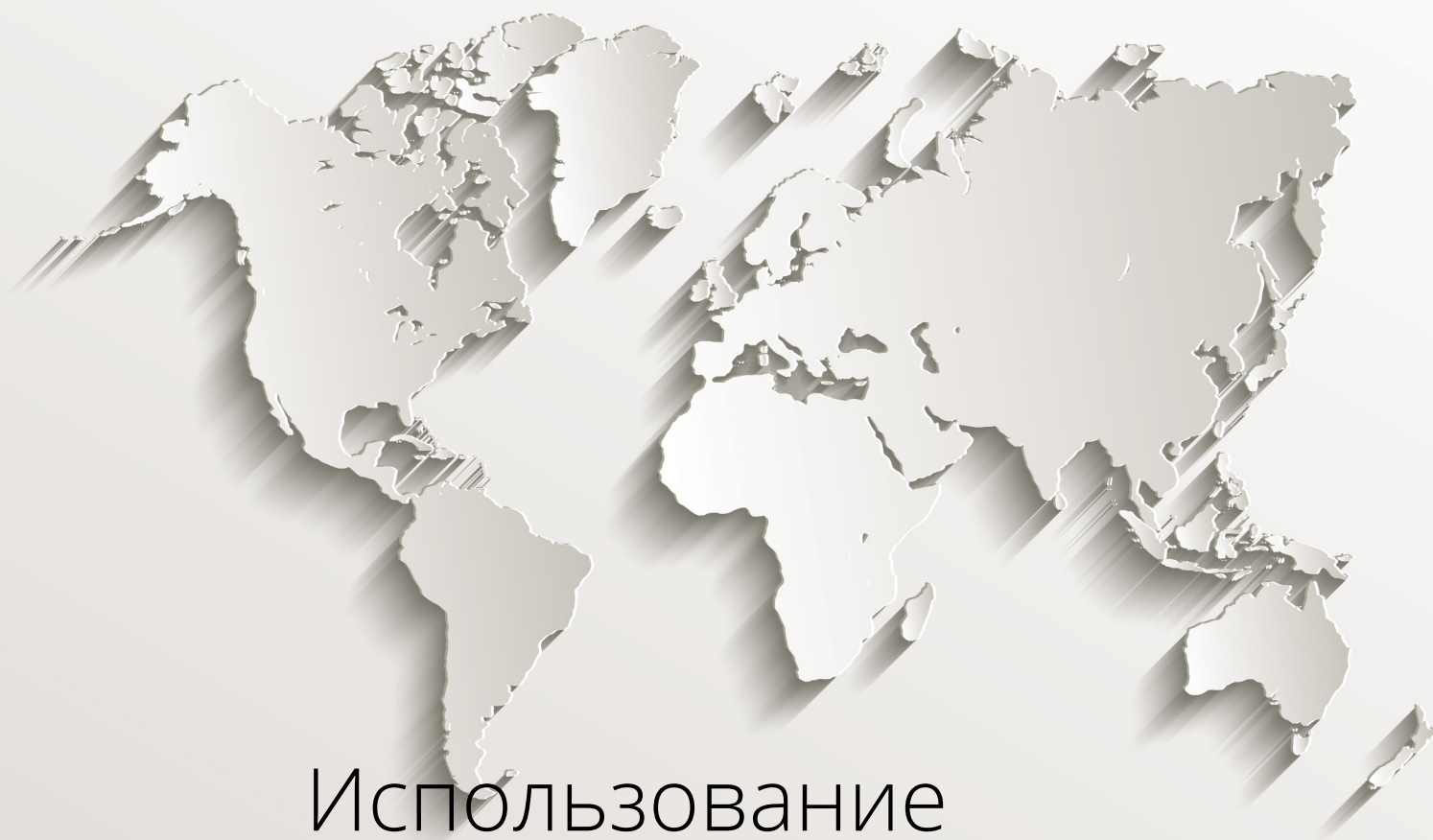
Выводы

На сегодняшний день жёсткие дорожные одежды активно применяются в мировой практике для магистральных дорог и дорог с высокой интенсивностью движения. Их транспортно-эксплуатационные показатели в совокупности с возможностью механизации всех работ выдвигают их на лидирующие позиции. Широкий опыт применения именно жёстких дорожных одежд за рубежом позволяет составить исчерпывающее мнение о поведении данных конструкций под различными нагрузками, в различных климатических условиях, а усовершенствованные инструменты автоматизированного расчёта позволяют проектировать такие конструкции быстро и качественно. Хочется верить, что в ближайшее время в России возобновят строительство жёстких дорожных одежд, хотя бы на ключевых автомобильных дорогах. ■

гают их на лидирующие позиции. Широкий опыт применения именно жёстких дорожных одежд за рубежом позволяет составить исчерпывающее мнение о поведении данных конструкций под различными нагрузками, в различных климатических условиях, а усовершенствованные инструменты автоматизированного расчёта позволяют проектировать такие конструкции быстро и качественно. Хочется верить, что в ближайшее время в России возобновят строительство жёстких дорожных одежд, хотя бы на ключевых автомобильных дорогах. ■

Литература:

1. Проектирование автомобильных дорог: Справочник инженера-дорожника / Под ред. Г.А.Федотова. – М.: Транспорт, 1989. – 437 с.
2. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 10–17. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.2.
3. 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. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.7.
4. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. – М., 2004. – 136 с.



Использование интернет-карт в САПР и ГИС в качестве подложек

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.18

Медведев В.И., ведущий разработчик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматривается технология интернет-карт, способы её внедрения в САПР и ГИС, координатная привязка карты к местности, а также связанные вопросы, касающиеся систем координат, которые можно встретить в приложениях САПР, ГИС и интернет-картах.

Введение

С тех пор как компания Google в 2005 году представила интерактивный картографический сервис Google Maps, подобные карты стали неотъемлемой частью интернет-сервисов, а вскоре стали внедряться и в настольные приложения. Не обошла стороной эта тенденция системы типа ГИС и САПР, где интернет-карты могут успешно применяться в качестве ситуационного ориентира и источника дополнительных данных.

Исходными материалами для создания интернет-карт служат спутниковые снимки, векторные данные и оцифрованные карты. В настоящее время

список популярных интернет-карт представлен как зарубежными ресурсами: Google Maps (карта, спутниковые снимки, рельеф), Wikimapia (карта и снимки), OpenStreetMap (карта с множеством семантических стилей), Bing Maps (карта и снимки), Apple Maps (карта), так и отечественными: «Яндекс.Карты» (карта и спутниковые снимки), «Геопортал Роскосмоса» (карта и снимки), «Космоснимки» (карта и снимки), «2ГИС» (карта), Navitel (карта) и другими.

Безусловно, и раньше в САПР и ГИС применялись растровые и векторные подложки топографическими картами, аэрофотосъёмкой, спутни-

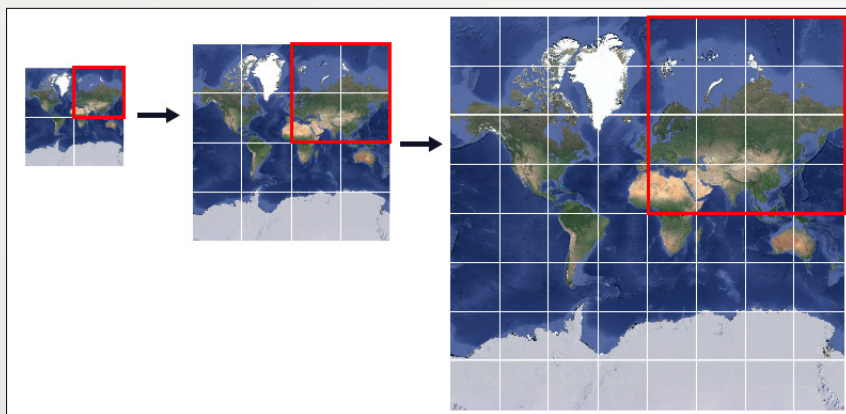


Рис. 1. Многоуровневая пирамидальная структура интернет-карты

ковыми снимками, но использование новой технологии преобразило весь процесс:

- карту больше не нужно искать и скачивать, она может подгружаться автоматически по мере отображения, сразу в нужном масштабе;
- интернет-карту легко привязать к местности, поскольку на карте определены географические координаты;
- сегодня существует огромное множество ресурсов со спутниковыми снимками и картами, лучшие из которых охватывают почти весь земной шар и имеют разрешение до 1 м и даже точнее.

Следует заметить, что воспользоваться перечисленными преимуществами сможет только специально адаптированное программное обеспечение. Далее будет рассмотрено, каким образом интернет-карты могут быть реализованы в приложениях САПР и ГИС.

Устройство и принцип работы интернет-карты

Все основные интернет-карты представлены в цилиндрической проекции Меркатора (проекция земной поверхности на вертикальный цилиндр с последующей развёрткой), отличие состоит только в использовании Google-подобными картами (наиболее распространённый вариант) референц-сферы вместо референц-эллипсоида для аппроксимации земной поверхности. Этим обусловлено небольшое несовпадение по вертикали Google-подобных и «Яндекс»-подобных карт при непосредственном наложении друг на друга. Забегая впе-

рёд отметим, что «эталонная» реализация «Яндекса» с эллипсоидом более корректна и обладает большим количеством полезных свойств.

Структура данных

Отдельно взятая карта имеет структуру многоуровневой пирамиды и содержит до 20 уровней детализации, каждый из которых разбит на растровые изображения размером 256×256 квадратных пикселей, называемые тайлами. Уровень с номером N содержит 4^N тайлов, т.е. каждый следующий уровень детализации содержит в 4 раза больше тайлов, чем предыдущий, а каждый тайл предыдущего уровня представлен в следующем уже четырьмя тайлами (рис. 1).

Из этого можно вывести, что один только 15-й уровень состоит из почти

1,1 миллиарда тайлов, и при среднем объёме одного тайла в 10 КБ для хранения данного уровня понадобилось бы 11 терабайт памяти, что превышает объём современного жёсткого диска. В то же время карта содержит крупномасштабные тайлы только для тех регионов, где эта детализация востребована, прежде всего, в городах. Поэтому подсчитать количество тайлов, например, на самом подробном, 20-м уровне, весьма затруднительно. Тем не менее, массив исходных данных интернет-карты настолько велик, что загрузка его целиком не представляется возможной.

Отображение, управление и другие возможности

Многоуровневая организация позволяет карте корректно отображаться на экране монитора или при печати в любом интересующем масштабе [1]. Тайловая организация каждого уровня делает возможной оптимизацию загрузки ресурсов из интернета, поскольку для отображения карты в текущем виде и масштабе достаточно получить только те тайлы, которые полностью или частично попадают в видимую область или область печати.

Оригинальный интернет-сервис Google Maps и подобные ему представляют собой сайт, на главной странице которого размещена специальная компонента, практически полностью реализующая работу интернет-карты. Для этого компонента запрашива-

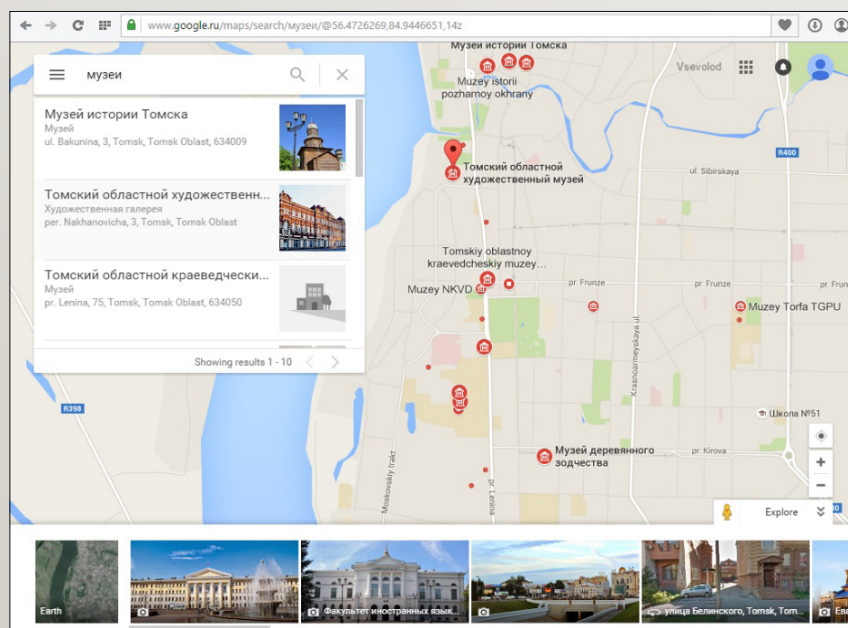


Рис. 2. Интернет-сервис Google Maps

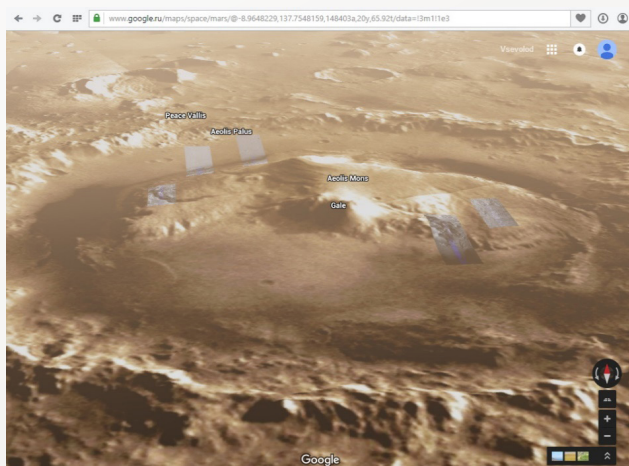


Рис. 3. Кратер Гейла на трёхмерной спутниковой карте Марса в Google Maps

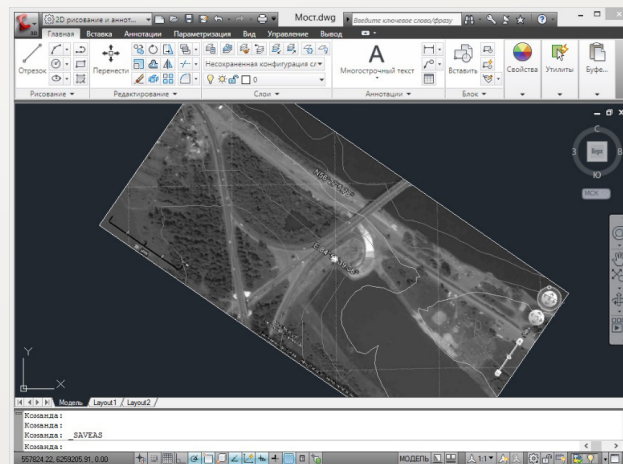


Рис. 4. Растровая подложка со спутниковой картой Google Maps в AutoCAD Civil 3D 2012

ет по http-протоколу тайлы и другие данные, соответствующие области показа, выбранному типу и локализации карты, и послойно отображает их. Карта интерактивна: с помощью мыши и специальных элементов управления пользователь может осуществлять навигацию и масштабирование, подключать дополнительные слои с информацией, выполнять измерения, определять географические координаты в заданной точке, получать справочную информацию по объекту, просматривать соотнесённые с данной местностью фотографии, выполнять поиск с автонавигацией по известным координатам или названию объекта (рис. 2).

Сегодня ведущие картографические интернет-сервисы предлагают всё новые возможности, выходящие за рамки плоской карты: теперь можно просматривать трёхмерные карты, панорамные фотоснимки и видеоряды, отправляясь в виртуальное путешествие по улицам городов, живописным природным ландшафтам и даже другим планетам (рис. 3). Также интернет-карты используются для навигации и позволяют при этом получать дополнительную информацию, например, о ситуации на дорогах и пробках или местных достопримечательностях.

Подключение интернет-карт в САПР и ГИС

Задача подключения интернет-карты в САПР и ГИС нетривиальна. Самый очевидный для пользователя способ заключается в создании снимка экрана с открытой картой с последующей вставкой получившегося

изображения в программу в качестве подложки. Предложенный сценарий имеет существенные недостатки: для покрытия интересующей области может потребоваться изготовление целого множества снимков экрана, но самое главное, все снимки потребуют трансформации, которая теперь будет возможна только по визуальным ориентирам (например, с помощью векторов трансформации) и в любом случае не исправит искажения, обусловленные использованием различных картографических проекций для интернет-карты и проекта. Далее рассмотрим специальные средства, позволяющие решать указанные проблемы.

Использование стандартных средств подключения

Изначально интернет-карта является сервисом, предполагающим использование только на страницах сайтов и в веб-приложениях. Для встраивания крупнейшие поставщики карт предлагают использовать собственные интерфейсы прикладного программирования (API) двух типов [2–5]:

1. Для динамической карты: в коде веб-страницы размещается специальная компонента, написанная на языке JavaScript, самостоятельно реализующая загрузку тайлов и другой необходимой информации, отображение карты, навигацию и масштабирование.

2. Для статической карты: по http-запросу, включающему координаты интересующей области и масштаб, сервер формирует и возвращает растровое изображение.

Первый вариант несовместим с настольными приложениями в принципе. Вариант со статической картой вполне подходит для формирования растра, который можно не только разместить на веб-странице, но и подключить в качестве подложки в САПР. При этом теряются свойства интерактивности и масштабируемости, кроме того, зачастую на пользователя возлагается часть рутины по вставке и трансформации растра, а для расширения подложки приходится размещать новые растры с нахлёстом. Тем не менее, многие приложения используют именно такой способ (рис. 4), некоторые при этом предлагают другие интересные возможности (рис. 5).

Использование собственной компоненты

Возможен и принципиально иной подход к реализации подключения, заключающийся в разработке собственной компоненты, наподобие той, что используют оригинальные интернет-сервисы с картами. Компонента реализует подложку с интернет-картой и работает непосредственно с тайлами (т.е. исходными данными, а не вторичным продуктом), которые получает с помощью http-запросов и отображает с учётом текущего масштаба в системе координат проекта (рис. 6).

Однажды загруженные тайлы сохраняются на диске, поэтому при повторном просмотре подложка уже готова к отображению. Трансформация в таком случае выполняется динамически, что позволяет в любой момент перейти к другой системе координат без загрузки новых данных, с использо-

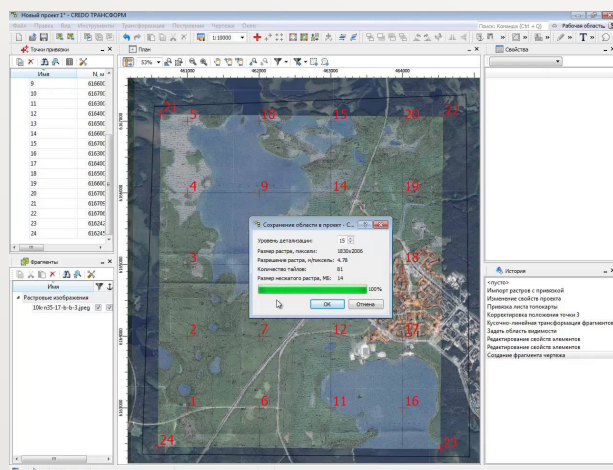


Рис. 5. Подготовка растровой подложки на основе исходного растра и спутниковой карты Google Maps в Credo Трансформ 4

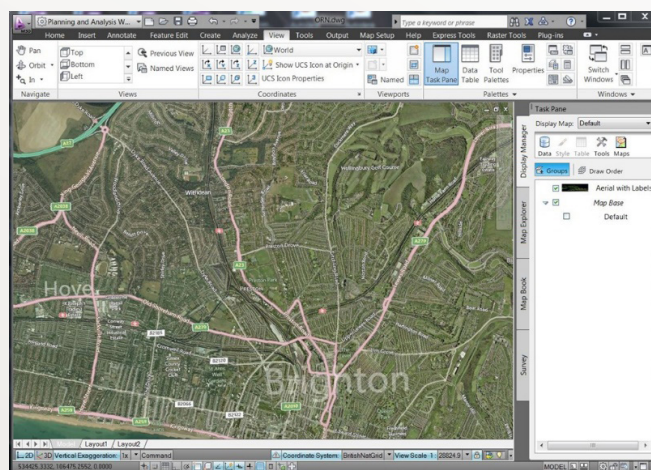


Рис. 6. Подключение спутниковой карты Bing Maps в AutoCAD Civil 3D 2013 с помощью компоненты Project Basejump

ванием тех же самых тайлов с диска. Кроме того, появляется возможность одним действием переключать источник тайлов, подменяя тем самым одну карту другой с сохранением координатной привязки.

Ключевым вопросом при реализации компоненты является доступ к тайлам, который технически возможен для многих источников карт, поскольку необходим для работы оригинальных интернет-сервисов, но почти никогда не документирован. Типичная строка http-запроса включает в себя номер уровня детализации, номер тайла по горизонтали и вертикали в матрице уровня, дополнительно могут указываться

название слоя, язык локализации, версия карты, проверочный код, API-ключ, но точный формат запроса индивидуален для каждого сервиса.

Вопросы правового использования

Помимо технической стороны важен также правовой аспект. Основные поставщики карт запрещают встраивание своих карт, будь то скриншоты, сгенерированные по http-запросам растры или отдельные тайлы, в коммерческие приложения. Единственный вариант, лежащий в правовом поле, заключается в регистрации на сайте поставщика с последующим приобретением так называемого API-ключа, обеспечивающего авто-

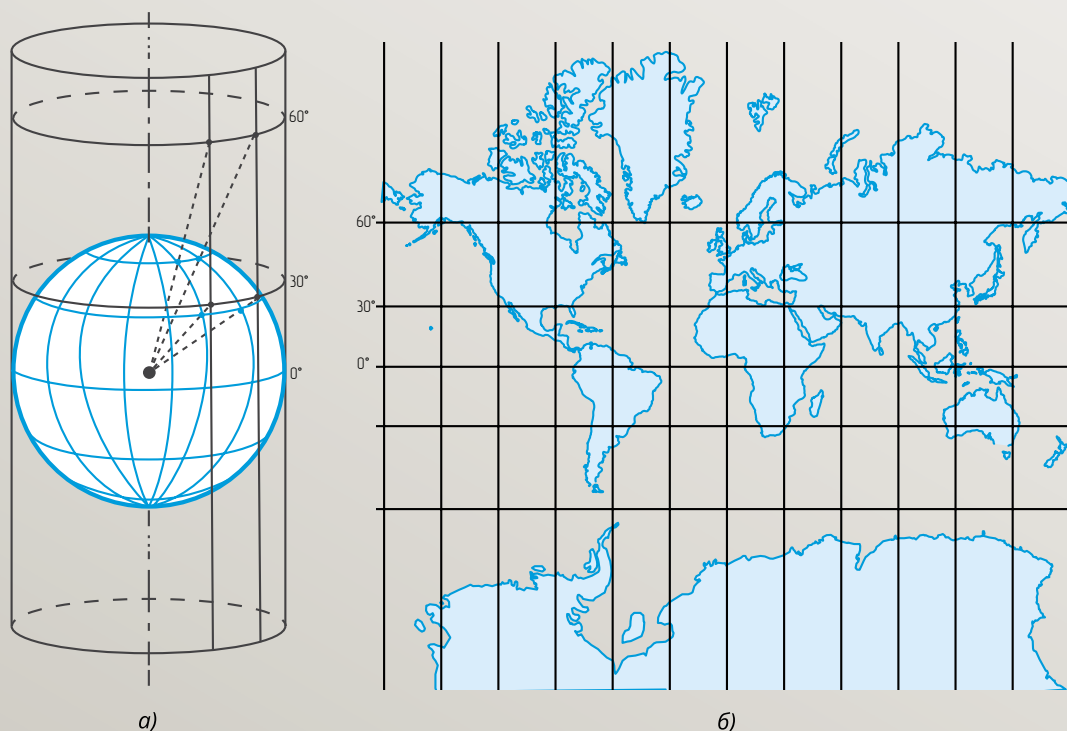


Рис. 7. Схема построения равноугольной цилиндрической проекции: а) проецирование эллипсоида на вертикальный цилиндр; б) развёртка

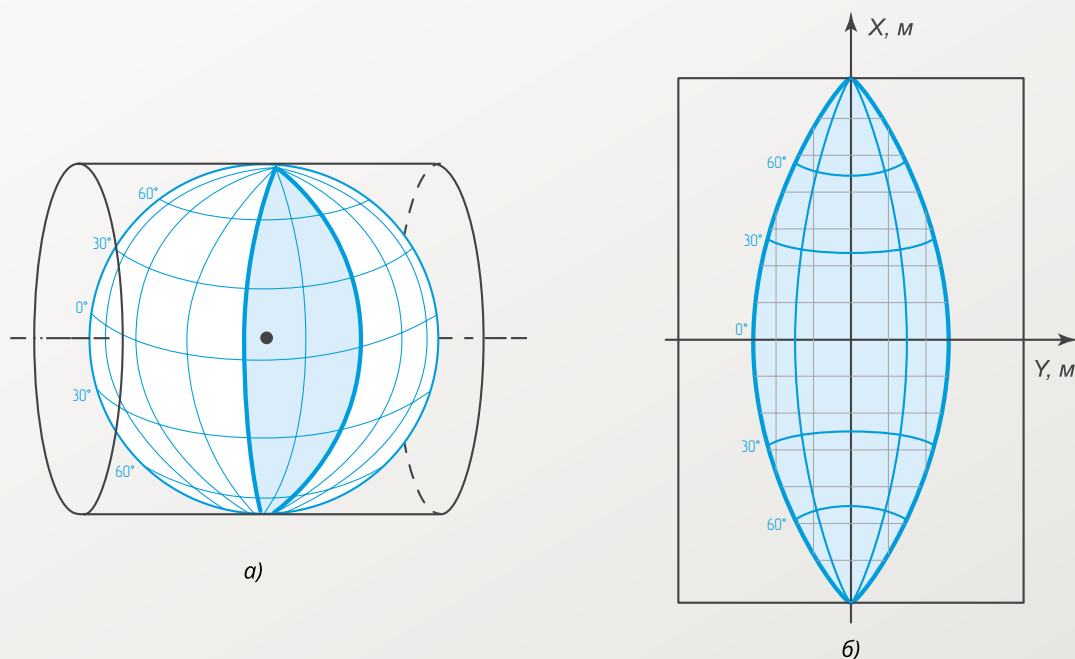


Рис. 8. Схема построения поперечно-цилиндрической проекции: а) проецирование зоны эллипсоида на вертикальный цилиндр; б) развёртка

ризованный доступ к ресурсам посредством уже упомянутых интерфейсов (API).

Координатная привязка интернет-карты в САПР и ГИС

Другим важным вопросом при встраивании интернет-карты в проект САПР или ГИС является привязка к системе координат (СК) проекта. Как уже было отмечено, карта на странице интернет-сайта, равно как и её отдельные тайлы, представлена в плоской метрической СК, которая получается применением равноугольной цилиндрической проекции Меркатора либо к географической СК WGS 84, где земной шар аппроксимируется референц-эллипсоидом (в случае с «Яндекс»-подобными картами), либо к суррогатной СК, использующей референц-сферу (в случае Google-подобных карт) (рис. 7). В проекции Меркатора меридианы идут с равным интервалом параллельно друг другу, а параллели сгущаются вблизи экватора, угол между направлениями сохраняется, но искажаются длины и площади [6].

В проекте САПР используются также плоские метрические системы координат, зачастую с привязкой к СК-42, СК-63, МСК, СК-95, ГСК-2011, UTM, которые, в свою очередь, получают применение поперечно-цилиндрической равноугольной проекции Гаусса-Крюгера или подобной к одной из геодезических СК (СК-42, СК-95, ПЗ-90, ПЗ-90.02, ПЗ-90.11, WGS 84) [7]. Проекция Гаусса-Крюгера отображает на горизонтально расположенный цилиндр только часть земной поверхности, обращённую к наблюдателю. На практике это трёх- либо шестиградусная

зона, взятая от выбранного меридиана, после проецирования с последующим развёртыванием цилиндра, напоминающая по форме вертикально расположенный лист ивы или черёмухи (рис. 8). Вблизи выбранного меридиана, называемого *осевым*, геометрические искажения минимальны и усиливаются по мере удаления на запад и восток. Наибольшее искажение длины получается в крайних точках на экваторе и составляет 0,14% [6].

Автоматическая трансформация участка интернет-карты

Таким образом, для корректного отображения в проекте САПР к карте должны быть применены нелинейные преобразования, включающие операции прямого и обратного проецирования, и, возможно, пересчёт географических координат из одной системы в другую (например, из WGS 84 в СК-42). Геометрическая интерпретация

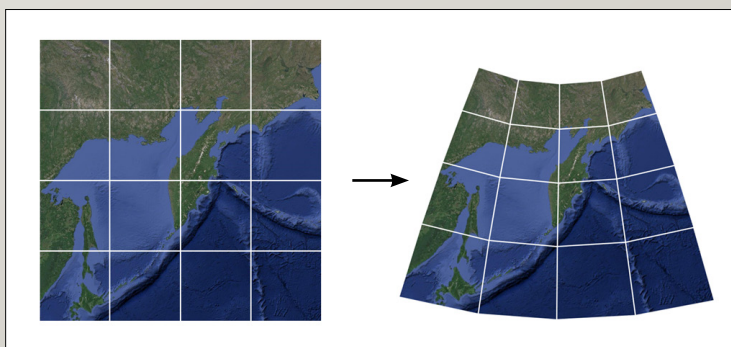


Рис. 9. Трансформация участка интернет-карты со спутниковым снимком из проекции Меркатора в проекцию Гаусса-Крюгера



Рис. 10. Расхождение между известным положением пункта ГГС и его изображением на спутниковой интернет-карте, представленной в местной системе координат

трансформации участка карты представлена на рисунке 9.

Отсюда следует, что привязка карты может быть автоматизирована, при этом алгоритм трансформации для каждой точки карты примет следующий вид:

1. Получение координат в исходной СК Меркатора.
2. Вычисление географических координат в СК WGS 84 с помощью обратного проекционного преобразования:
 - а. для «Яндекс»-подобных карт: используется проекция Меркатора;
 - б. для Google-подобных карт используется проекция «псевдо-Меркатор на сфере».
3. Пересчёт полученных географических координат из СК WGS 84 в СК проекта.
4. Применение проекции проекта.

Для гарантированного устранения искажений в ходе динамической трансформации можно было бы применить алгоритм непосредственно к каждой точке (т.е. пикселю) участка карты. Однако такая реализация едва ли целесообразна по следующим причинам:

- 1) один пиксель карты не будет соответствовать одному пикселю экрана, поэтому придётся применять обратный пересчёт для каждого пикселя экрана;
- 2) высокая трудоёмкость, прямо пропорциональная размеру экрана в пикселях, приведёт к сильным задержкам при каждом обновлении вида;
- 3) как будет показано далее, такая реализация заведомо избыточна.

С другой стороны, можно применить алгоритм только для вершин углов прямоугольного участка карты, а сам участок трансформировать приближённо по полученным четырём точкам, например, с помощью проективного преобразования, аппаратная (т.е. быстрая) реализация которого

заложена в любой современной видеокarte. При крупном масштабе данный способ вполне имеет право на применение: действительно, «честная» проекция Меркатора, заложенная в «Яндекс-картах», является равноугольной, как и проекция Гаусса-Крюгера, поэтому бесконечно малый квадрат в первой проекции остаётся квадратом во второй. Но большинство других карт, к сожалению, используют другую проекцию. Кроме того, в мелких и даже средних масштабах искажения могут оказаться существенными, и для их устранения потребуется разбиение большого участка на несколько более мелких.

Наиболее простой и очевидной реализацией такого разбиения является естественное для интернет-карты разбиение на тайлы, т.е. трансформация узлов тайловой сетки. Покажем, что уже в масштабе 1:30 000 000 (примерно соответствует 5-му уровню карты) данное разбиение является оптимальным, т.е. не привносящим существенных искажений карты, и при этом не сильно трудоёмким, чтобы вычисления производились «на лету», без заметной пользователю задержки. В самом деле, тайл 5-го уровня, выполненный в проекции Меркатора, на широте 60° в проекции Гаусса-Крюгера покрывает квадрат со стороной $2\pi \times 3200 \text{ км}$ (длина параллели 60°) / 2^{5-1} (количество тайлов по горизонтали на 5-м уровне) = 1251 км. Максимальное искажение внутри квадрата составляет $1251 \text{ км} \times (1 - \cos(90^\circ/2^{5-1}))$ (в качестве оценки сверху взято расстояние от хорды до дуги) = 6 км, что меньше расстояния в 1 пиксель на экране, которое при масштабе 1:30 000 000 и разрешении 4 пикс./мм, типичном для большинства современных мониторов, соответствует $30 \text{ км} / 4 = 7,5 \text{ км}$. Очевидно, что с увеличением масштаба искажения будут всё менее заметны. С другой стороны, пусть размер карты на экране составляет 1920×1080 (Full HD), тогда при стандартном линейном размере тайла в 256 пикселей тайловая сетка будет включать примерно $8 \times 5 = 40$ точек трансформации, что совсем немного для быстрого вычисления.

Точность автоматической привязки

Следует отметить, что даже в той точке карты, координаты которой в СК проекта были вычислены явно, а не получены интерполяцией в ходе проективного преобразования, расхождение с известным положением соответствующего объекта может достигать порядка 10 м на самых детальных уровнях. И лишь в малой степени это связано с точностью перехода от глобальной системы координат WGS 84 к местной, в которой чаще всего определены координаты объекта (рис. 10).

Гораздо важнее здесь точность исходной карты, которая зависит и от степени её детализации, и от качества изготовления тайлов. Разработка и поддержка спутниковой интернет-карты — это

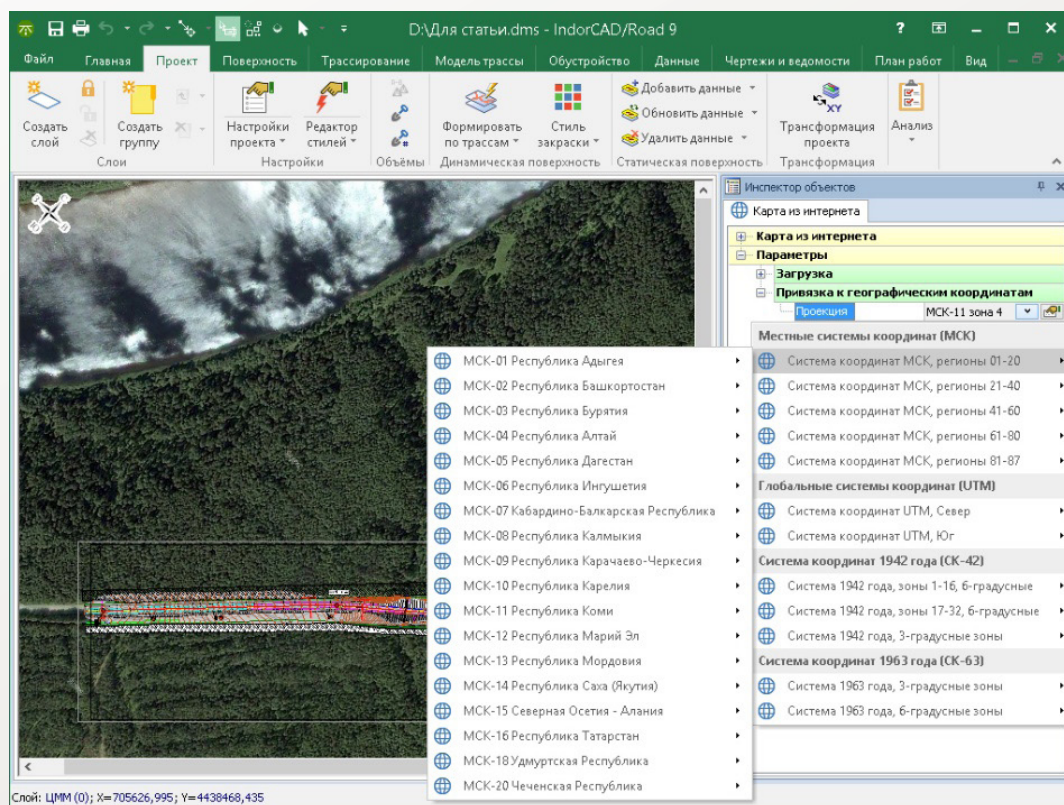


Рис. 11.
Координатная
привязка
интернет-
карты в САПР
IndorCAD 9

очень сложный и трудоёмкий процесс, включающий фильтрацию и ортотрансформацию получаемых со спутников снимков Земли [8]. Решающим фактором при получении ортофотоснимка является модель рельефа, в качестве которой обычно используется весьма приближённые данные радарной съёмки Земли (Shuttle Radar Topography Mission — SRTM), не отражающие в достаточной степени картину рельефа, в т.ч. с учётом лесных зон, высотных зданий и других сооружений.

САПР IndorCAD: подключение интернет-карты с мгновенной привязкой

Рассмотренный подход к подключению интернет-карты с помощью собственной компоненты, осуществляющей автоматическую привязку с трансформацией карты «на лету», реализован в САПР IndorCAD [9]. Система IndorCAD для описания модели объекта использует плоскую систему координат, однако по умолчанию её тип не определён. Интернет-карта уже присутствует в любом проекте в виде слоя, и для её отображения достаточно сообщить системе тип системы координат, выбрав нужную позицию в списке (рис. 11).

По умолчанию будет отображаться спутниковая карта «Космоснимки», также доступны схематическая карта «Космоснимки», карта OpenStreetMap, публичная кадастровая карта РФ, карта с произвольного сервера ArcGIS и карта, источник которой указан в файле настроек в формате популярной программы для просмо-

тра карт SASPlanet. Технически возможно подключение карт Google, «Яндекс», «2ГИС» и других.

Подключение интернет-карты в ГИС IndorRoad осуществляется точно так же, благодаря использованию общей компоненты. [31](#)

Литература:

1. Рыков Д. Основы конфигурирования тайловых сеток. GIS-Lab. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. URL: <http://gis-lab.info/qa/tile-matrix.html> (дата обращения: 24.09.2015).
2. Google Maps APIs for Web. Google Developers. URL: <https://developers.google.com/maps/web/> (дата обращения: 24.09.2015).
3. Choose your Bing Maps API // Bing Maps for Enterprise. Microsoft Corporation. URL: <http://www.microsoft.com/maps/choose-your-bing-maps-API.aspx> (дата обращения: 24.09.2015).
4. API Карт. Технологии Яндекса. URL: <https://tech.yandex.ru/maps/> (дата обращения: 24.09.2015).
5. Общее описание // Сервис «Экспресс Космоснимки». ИТЦ «Сканэкс». URL: <http://www.scanex.ru/ru/data/default.asp?submenu=kosmosnimki> (дата обращения: 24.09.2015).
6. Бугаевский Л.М. Математическая картография: Учебник для вузов. М., 1998. 400 с.
7. Герасимов А.П. Местные системы координат // Геопрофи. 2009. № 4. С. 32–34.
8. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: Энциклопедия. В 2-х т. / Под общ. ред. А.В. Борошко, В.П. Савиных. М.: Геодезкартиздат, 2008. Т. II. 464 с.
9. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 10–17. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.2.

Автоматизированная информационно- аналитическая система по искусственным сооружениям на автомобильных дорогах

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.19

Рыбалов Ю.В., руководитель проекта ЗАО «СибНИТ» (г. Новосибирск)

Рассказывается об истории создания и развития Автоматизированной информационно-аналитической системы по искусственным сооружениям на автомобильных дорогах (АИС ИССО-Н). Описываются основные функциональные модули АИС ИССО-Н и порядок наполнения её информацией. Кратко рассказывается о перспективах дальнейшего развития системы.



Работы по созданию современной автоматизированной системы информационного обеспечения процесса управления эксплуатацией искусственных дорожных сооружений, которая по своим функциональным параметрам устраивала бы органы управления дорожным хозяйством, ведутся уже почти 20 лет. Казалось бы, такой срок и термин «современный» применительно к автоматизации информационного обеспечения какого-либо процесса при нынешнем уровне развития информационных технологий не вполне соответствуют друг другу. Но тому были свои причины — как субъективные, так и объективные. В данном случае затянувшийся срок разработки в целом сказался положительно на итоговом результате.

Ранее в профильной литературе встречались только отдельные упоминания о прототипах этой системы. Хотя при её создании и выполнялись работы научно-исследовательского характера, система всё же имеет полностью прикладное значение. В связи с этим авторы не считали нужным до достижения определённого уровня практической готовности системы декларировать её возможности. Сейчас этот уровень достигнут.

История вопроса

Потребность дорожного сообщества в системе управления эксплуатацией (содержанием) искусственных дорожных сооружений (ИССО) возникает одновременно с появлением этих сооружений. Объектом системы управления эксплуатацией ИССО является их техническое состояние, а главной задачей — обеспечение беспрепятственного и безаварийного движения транспорта и пешеходов на протяжении расчётного срока службы с минимизацией эксплуатационных затрат.

Сложившаяся в России система управления эксплуатацией ИССО формировалась на протяжении более 250 лет — со времён создания дорожной отрасли. Воззрения на необходимые организационные и техниче-

ские мероприятия, реализуемые при эксплуатации ИССО, менялись вместе с появлением новых материалов и конструктивных форм сооружений, методами их проектирования, развитием технологий строительства и ремонта, а также с получением практического опыта содержания дорожных объектов.

Основными функциями существующей системы управления эксплуатацией ИССО являются:

- учёт ИССО;
- организация и контроль мероприятий по проведению всех видов обследований и мониторинга ИССО;
- оценка технического состояния ИССО;
- планирование и оптимизация затрат на ремонт и содержание ИССО с разработкой соответствующих программ на основе анализа технического состояния парка сооружений и прогноза этого состояния;
- реализация программ по ремонту и содержанию ИССО;
- определение возможности и согласование условий пропуска транспортных средств по сооружениям.

Своевременное принятие решения по проведению каких-либо ремонтных мероприятий или по назначению режима эксплуатации каждого конкретного сооружения основывается прежде всего на достоверной информации о его конструктивном исполнении и техническом состоянии.

Сегодняшнее состояние мостового парка в целом по стране характеризуется значительным накопленным износом, а 40-летний срок службы сооружения ещё недавно считался приемлемым. Основы этой ситуации были заложены в 70-е и 80-е годы прошлого века, когда велось массовое строительство ныне существующих мостов. При этом качеству строительства внимание уделялось недостаточное, а вопросы их эксплуатации длительное время вообще оставались в стороне — служба мостового мастера в линейных под-

разделениях по эксплуатации дорог была продекларирована, но фактически отсутствовала.

В настоящее время в основу технической политики в области содержания мостовых сооружений поставлена задача постепенного уменьшения накопленного износа. Направления и способы реализации этой политики в том виде, как её представляют в Росавтодоре, отражены в принятых Концепциях и Национальных программах совершенствования и развития сети автомобильных дорог России.

Несмотря на предпринимаемые усилия, темпы реализации намеченной стратегии по повышению уровня технического состояния мостов даже для объектов федеральной собственности пока не столь высоки, как хотелось бы. Безусловно, основной и очевидной сдерживающей проблемой является ограниченное финансирование, при котором выделяемых средств на всё необходимое не хватает. Однако это глобальная проблема, и очевидно, что и в перспективе она будет оставаться актуальной. В этой ситуации при разработке производственных программ на уровне любого балансодержателя автомобильных дорог общего пользования основной задачей становится адресное планирование — что делать конкретно с каждым сооружением, как и куда именно вкладывать средства, чтобы получить максимальный эффект. И тут на первое место выходят проблемы информационного обеспечения процесса выработки и принятия оптимального управленческого решения, направленного на решение этой задачи. Традиционными способами хранения информации о конструкции и техническом состоянии сооружений, сложившимися в эпоху до появления компьютерных средств хранения и обработки массивов данных, являлись: бумажные формы первичного учёта (карточки ИССО, сводные ведомости наличия и состояния ИССО), книга мостового сооружения, акты комиссионных осмотров и отчёты по результатам специализированных обследований. Учитывая количество ИССО на автомобильных дорогах общего пользования, очевидно, что переработка и осмысление такого объёма информации без автоматизации этого процесса, а следовательно, и успешное решение поставленных перед отраслью задач, не представляется возможным.

...принятие решения по проведению каких-либо ремонтных мероприятий... конкретного сооружения основывается прежде всего на достоверной информации о его конструктивном исполнении и техническом состоянии.

В 90-х годах было достаточно много попыток разработки локальных информационных систем по ИССО. Первая волна их создания началась после распространения персональных компьютеров, вторая — после перехода пользователей ПК на операционную систему Windows.

ИПС «Мост». Первые попытки автоматизации информационного обеспечения системы управления эксплуатацией мостовых сооружений на автомобильных дорогах в тогда ещё СССР предпринимались в 70-х годах прошлого столетия. Это была информационно-поисковая система «Мост», разработанная в ГипродорНИИ в 1975 году. Система представляла собой базу данных и программное обеспечение по занесению и обработке информации. Набор информации ограничивался учётными данными, соответствующими набору из 54 параметров стандартной формы карточки моста. Большинство этих параметров предназначены для описания местоположения сооружения, его основных конструктивных характеристик, а также характеристик препятствия. Техническое состояние в карточке моста оценивалось единственным параметром, который мог принимать одно из трёх значений: «хорошее», «удовлетворительное» и «неудовлетворительное». ИПС «Мост» содержала, помимо собственно оценки технического состояния, ещё три показателя уровня этого состояния: показатель снижения грузоподъёмности КН; показатель снижения расчётной скорости КП; показатель снижения срока службы КД. При этом какую-либо практическую значимость в то время мог иметь только показатель снижения грузоподъёмности. Для определения двух других показателей необходимые методики отсутствовали. Что касается долговечности, то пригодные для практического применения методики её прогнозирования отсутствуют и сейчас. Судя по имеющейся информации, аналитические возможности ИПС «Мост» ограничивались формированием неких 17 стандартных отчётов, в которых информация из базы данных группировалась по различным параметрам (принадлежность сооружений к органу управления, автодороге, к различным типам конструкций, уровню технического состояния и т.д.). В 1976–1978

годах в базу данных ИПС «Мост» была внесена информация по 2,5 тыс. мостовых сооружений, расположенных на дорогах общегосударственного значения. Источником формирования базы данных были результаты обследований, проводимых трестом «Росдорортехстрой», а также карточки мостовых сооружений. Однако функционировала ИПС «Мост» достаточно ограниченный срок, поскольку всё-таки не имела значимой практической отдачи ни в вопросах анализа и планирования, ни в вопросах определения условий пропуска нагрузок.

ИПС «МОНСТР». Информационно-расчётная система «МОНСТР» (мосты, нагрузки, статические расчёты) создана в 1990 году специалистами МАДИ совместно с ФАУ «РОСДОРНИИ». Эта система была ориентирована на использование уже получивших широкое распространение персональных компьютеров и обладала более продвинутыми функциональными возможностями по сравнению с ИПС «Мост». Напомним, что операционной системой персональных компьютеров тогда являлась DOS. Период освоения «МОНСТР» с доведением системы до возможности её промышленной эксплуатации растянулся с 1991 по 1996 год. А в 1995 году пользователи персональных компьютеров стали массово переходить на Windows 95. То есть, уже в 1995 году «МОНСТР» морально устарел как в части интерфейса, так и технологически. Что касается реальных функциональных возможностей системы, то их ограниченность известна всем, кто когда-либо имел с ней дело. Отыскать даже в структурах Росавтодора организации, которые бы когда-либо использовали эту систему в своей практической деятельности, весьма проблематично. Исключение составляет ФАУ «РОСДОРНИИ», который на протяжении всего периода существования «МОНСТР» вплоть до 2011 года включительно занимался его ведением и сопровождением, формируя и предоставляя Росавтодору

аналитическую отчётность по набору параметров, характеризующих неким образом состояние мостового парка.

В 90-х годах было достаточно много попыток разработки локальных информационных систем по ИССО. Первая волна их создания началась после распространения персональных компьютеров, вторая — после перехода пользователей ПК на операционную систему Windows. Работы велись на средства тех территориальных органов управления автомобильными дорогами, которые имели соответствующие желание и ресурсы и не были при этом (в отличие от Росавтодора) обременены необходимостью хранить информацию по мостам в формате «МОНСТР». Разработки первой волны имитировали возможности ИПС «Мост» — хранение сведений о мостовом сооружении в объёме карточки. Разработки второй волны пытались реализовать идеологию «МОНСТР» в части формирования отчёта в виде технического паспорта моста, но уже в возможностях Windows. В качестве СУБД использовались, как правило, форматы DBF, MS Access или Excel. Эти системы были ориентированы в большей степени на печать бумажного паспорта, ставшего к тому времени неким стандартом отчётного документа о результатах обследования (диагностики) и, в представлении многих, никак не связанного собственно с базой данных как отражением её содержимого для конкретного объекта. К наиболее функциональным и профессионально разработанным системам следует отнести:

- МОНСТР II (автор программного обеспечения Улупов А.С.);
- Титул–2005 (ООО «Титул–2005», г. Саратов);
- Passinfo (автор Агапов И.Е., г. Воронеж);
- расчётно-информационная среда РИС «Автодороги» и информационно-аналитическая система «RoadSoft» (ООО «Компалекс», г. Тверь);
- геоинформационная система IndorRoad (ООО «ИндорСофт», г. Томск);
- АИС ИССО (ЗАО «СибНИТ», г. Новосибирск).

Первые четыре системы из этого списка имели достаточно высокий уровень технологической реализации, но их предметный функционал

оставался ограниченным рамками устаревшей нормативно-технической базы в виде данных технического паспорта образца «МОНСТР» и отчётных форм типовой инструкции ВСН 1–83. Дальше других в функциональном плане продвинулась система Passinfo, в рамках которой была решена задача определения условий пропуска одиночной тяжеловесной нагрузки, а также автоматизирован расчёт «износа» мостового сооружения. Однако следует отметить, что сама методика определения износа, разработанная в ФАУ «РОСДОРНИИ», в итоге по вполне объективным причинам получила негативную оценку экспертного сообщества, и так и не была утверждена к официальному применению на уровне нормативного документа.

Система АИС ИССО изначально, начиная с 1996 года, разрабатывалась с ориентацией не на существовавшие тогда стандарты и нормативные документы («МОНСТР», ВСН 4–81, Инструкция по диагностике), а на реальные информационные потребности, возникающие у заказчика в рамках осуществления процесса управления эксплуатацией искусственных сооружений. К 2007 году в активе АИС ИССО, которая на тот момент существовала уже в 6-й базовой версии, была возможность хранить и эффективно обрабатывать информацию не только по мостовым сооружениям, но и по прочим типам искусственных сооружений, а также уникальный каталог дефектов и реализованные на уровне программного обеспечения оригинальные методики по оценке технического состояния, определению условий пропуска произвольной нагрузки, планированию затрат на нормативное и сверхнормативное содержание. При этом все практически значимые положения и наработки существовавшей тогда нормативной базы также учитывались в полной мере. АИС ИССО была внедрена в практическую эксплуатацию и активно использовалась в ряде территориальных органов управления автомобильных дорог.

Необходимо отметить, что Росавтодор, постоянно испытывающий «информационный голод» в связи с низкой эффективностью «МОНСТР», также предпринимал попытку внедрить модифицированную для использования на федеральном уровне версию АИС ИССО в качестве отраслевой базы данных по мостовым сооружениям еще в 2004 году. Тогда в техническое задание на проведение диагностики мостовых сооружений было включено требование внести информацию как в «МОНСТР», так и в АИС ИССО. Однако из-за ряда организационных проблем и консервативной позиции некоторых обследовательских организаций, практически саботировавших работу с АИС ИССО, эта попытка не стала успешной, а за «МОНСТР» ещё на несколько лет сохранился статус «отраслевого автоматизированного банка данных по мосто-

вым сооружениям на автомобильных дорогах федерального значения». И всё-таки на основании тщательного мониторинга существующих автоматизированных систем Росавтодор сделал выбор в пользу реализованных в АИС ИССО функциональных возможностей как основы новой базы данных по мостовым и другим искусственным сооружениям на федеральных автомобильных дорогах. В 2009 году было подготовлено соответствующее техническое задание и проведён конкурс на разработку частного технического задания (ЧТЗ) на создание «Автоматизированной системы управления и обработки информации по искусственным дорожным сооружениям федерального дорожного агентства» с организацией её последующего внедрения и опытной эксплуатации. Конкурс выиграл Сибирский государственный университет путей сообщения, имевший многолетний положитель-

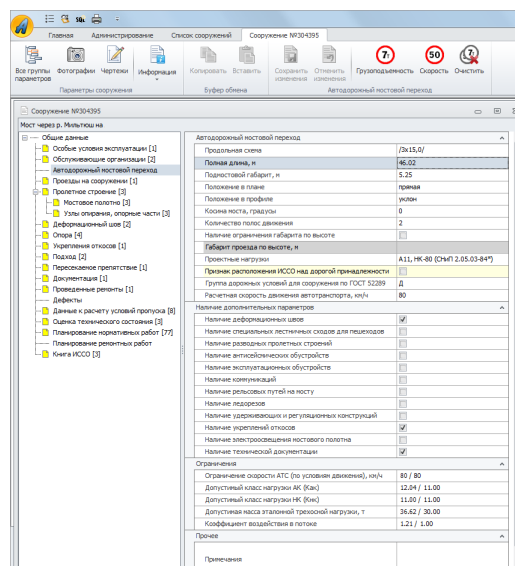


Рис. 1. Форма просмотра и редактирования группы параметров «Автомобильный мостовой переход»

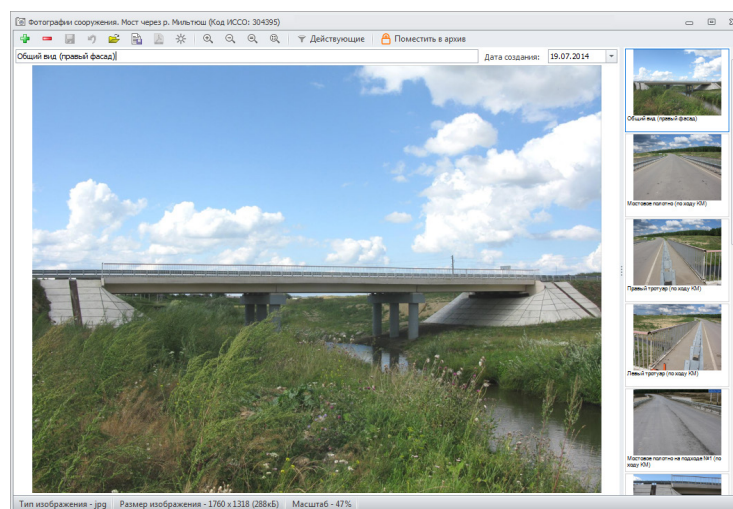


Рис. 2. Форма отображения фотографий сооружения

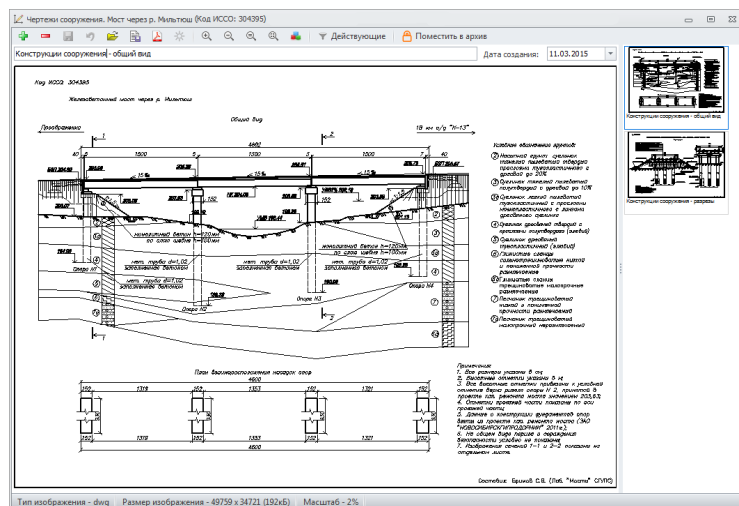


Рис. 3. Форма отображения чертежей сооружения

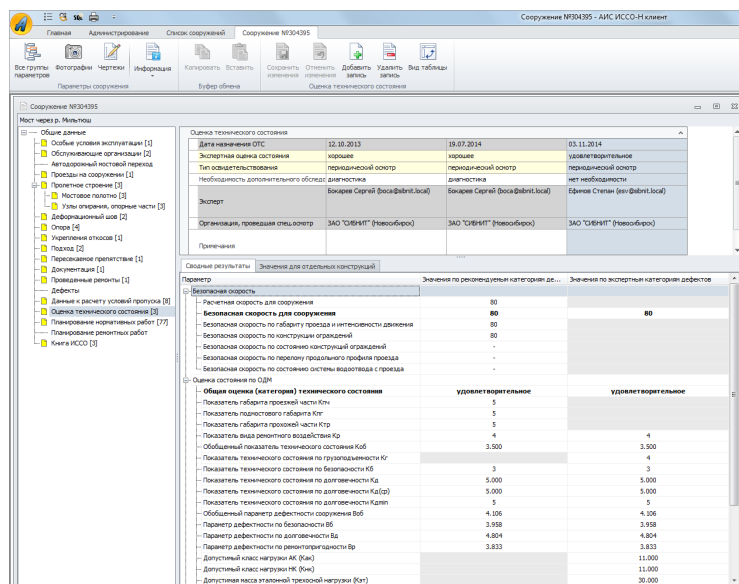


Рис. 4. Форма отображения параметров технического состояния сооружения

приятия по первоначальному информационному наполнению базы данных по искусственным сооружениям. Степень детализации сформулированных требований характеризуется объемом итогового документа, содержащего 258 страниц текста. Не будет секретом, что основой этих требований стал разрабатываемый на тот момент функционал новой, седьмой версии АИС ИССО. И это была уже принципиально иная система по сравнению со своим прообразом — АИС ИССО версии 6. С учетом весьма существенных отличий новой версии от всей предыдущей линейки продуктов название системы было изменено разработчиками на АИС ИССО-Н.

Заинтересованность Росавтодора во внедрении АБДМ стало весомым импульсом и в развитии АИС ИССО-Н. В частности, уже на этапе параллельной разработки обеих систем кардинальные изменения получили каталог дефектов и методика оценки технического состояния в связи с вводом в действие ОДМ 218.3.014–2011 «Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах».

В итоге АБДМ была разработана и приказом Росавтодора №317 от 21.12.2011 введена в промышленную эксплуатацию. Это действие автоматически отменило статус «МОНСТР» как «отраслевого банка данных». Вместе с «МОНСТР» утратила актуальность и «Инструкция по диагностике мостовых сооружений на автомобильных дорогах», которая по своей сути являлась инструкцией по сбору и подготовке данных для занесения в ИРС «МОНСТР».

В 2012–2015 годах Росавтодором организованы и проведены масштабные работы по диагностическому обследованию искусственных дорожных сооружений с формированием базы данных АБДМ. На настоящий момент в АБДМ содержится информация по более чем 52 тысячам объектов, из которых немногим менее 6 тысяч мостовых сооружений и более 46 тысяч водопропускных труб. В рамках этих работ АБДМ прошла полномасштабную апробацию, были выявлены и устранены основные методические недоработки системы и ошибки программного обеспечения. Накоплен практический опыт организации, проведения, проверки качества и приемки работ по проведению различных видов обследований с занесением информации в автоматизированную систему — как со стороны Заказчика, так и со стороны подрядных организаций, участвовавших в обследованиях. Отлажены детальные технические задания на проведение данных работ.

Все положительные изменения и наработки, реализованные за эти годы в АБДМ, нашли применение и в АИС ИССО-Н. При этом АБДМ и АИС ИССО-Н не являются полными аналогами. Если АБДМ в полной мере ориентирована на использование в Росавтодоре и подведомственных ему учреждениях с учетом специфической организа-

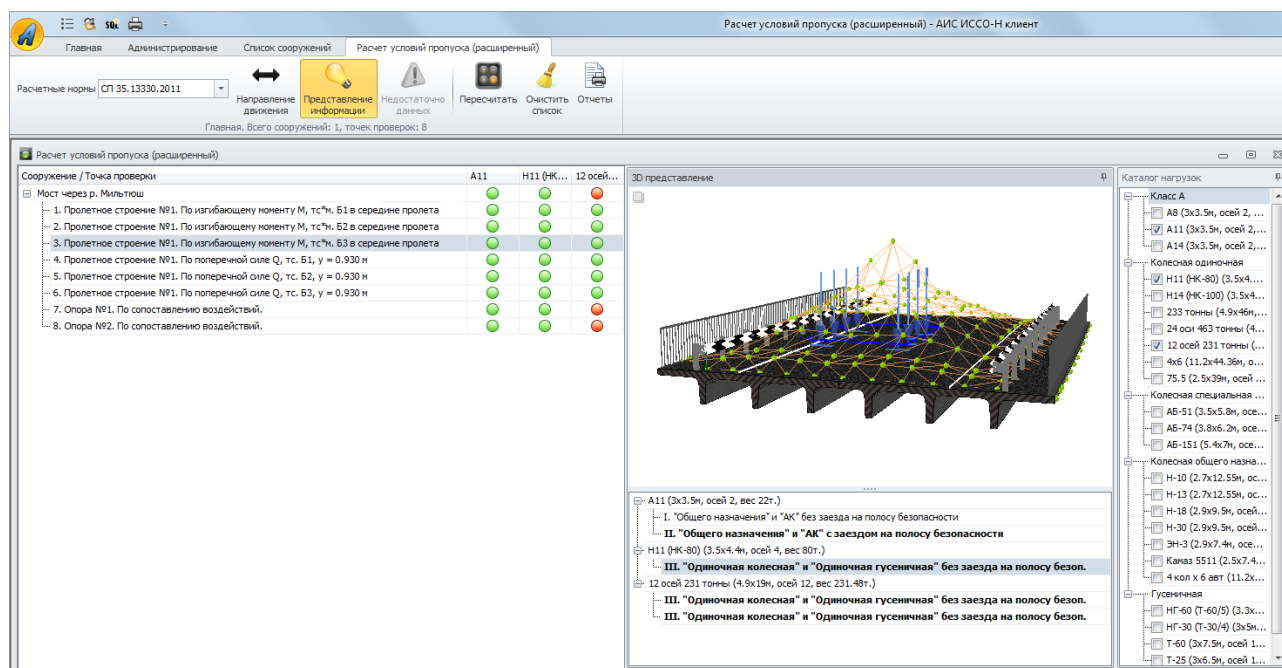


Рис. 5. Форма расчёта условий пропуска нагрузки

ционной структуры этого ведомства, то АИС ИССО-Н спроектирована для функционирования в территориальных органах управления дорожным хозяйством. При этом обе системы работают с практически идентичной структурой базы данных и имеют практически одинаковый набор основных пользовательских функций.

В настоящее время АИС ИССО-Н на основе преемственности с предыдущими поколениями системы внедрена и функционирует в полном объёме в Территориальном управлении автомобильных дорог Новосибирской области.

В 2015 году государственная компания «Российские автомобильные дороги» начала внедрение модифицированной версии АИС ИССО-Н в собственных структурных подразделениях и в дочерних организациях. В рамках адаптации системы к нуждам госкомпании была, в частности, реализована интеграция АИС ИССО-Н с базой данных и программным обеспечением ГИС IndorRoad [1, 2].

Назначение системы

АИС ИССО-Н предназначена для информационного обеспечения процесса управления содержанием искусственных сооружений на автомобильных дорогах общего пользования России на основе автоматизации решения следующих основных задач:

1. Учёт и оперативный доступ к информации по конструктивному описанию искусственных сооружений и их состоянию по дефектности.

2. Оценка и прогнозирование технического состояния сооружений.

3. Определение возможности пропуска нагрузки по сооружениям.

4. Расчёт, планирование и оптимизация затрат на содержание и ремонт сооружений, в том числе:

- планирование и учёт реализации текущих программ работ по содержанию (нормативному и сверхнормативному) ИССО;
- планирование и учёт реализации текущих программ проектно-изыскательских работ;
- планирование и учёт реализации текущих программ по ремонту, капремонту и реконструкции ИССО.

5. Анализ состояния парка ИССО по произвольным параметрам для перспективного планирования и разработки технической политики в отношении ИССО, научно-исследовательских целей, совершенствования нормативно-методической базы и т.д.

6. Формирование и печать стандартных форм отчётных документов.

Методическое обеспечение системы

Расчётные алгоритмы прикладных модулей АИС ИССО-Н разработаны

на основании положений следующих нормативных документов:

- СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»;
- СНиП 2.05.03–84* «Мосты и трубы»;
- СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85*»;
- ГОСТ Р 52289–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств»;
- ГОСТ Р 52290–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические средства»;
- ГОСТ Р 52398–2005 «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования»;
- ГОСТ Р 52399–2005 «Геометрические элементы дорог»;
- ГОСТ Р 52606–2006 «Технические средства организации дорожного движения. Классификация дорожных ограждений»;
- ГОСТ Р 52607–2006 «Технические средства организации дорожного движения. Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей»;
- ГОСТ Р 52748–2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчёт-

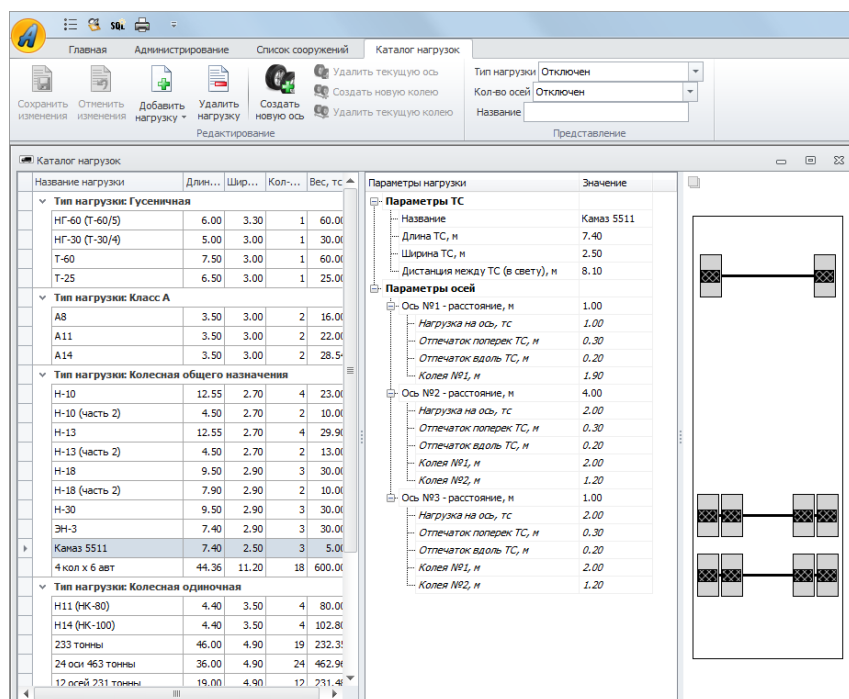


Рис. 6. Форма редактирования каталога нагрузок

ные схемы нагружения и габариты приближения»;

- ОДМ 218.4.001–2008 «Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах»;
- ОДМ 218.3.014–2011 «Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах»;
- ОДН 218.0.017–03 «Руководство по оценке транспортно-эксплуатационного состояния мостовых конструкций»;
- ОДН 218.0.032–2003 «Временное руководство по определению грузоподъемности искусственных сооружений на автомобильных дорогах»;
- ОДМ 218.3.042–2014 «Рекомендации по определению параметров и назначений категорий дефектов при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Каталог дефектов в мостовых сооружениях»;
- ОДМ 218.4.020–2014 «Рекомендации по определению трудозатрат при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах»;
- ГЭСНс 81–06–01–2001 «Государственные элементные сметные нормы на работы по содержанию

автомобильных дорог общего пользования и мостовых сооружений на них»;

- Справочник базовых цен на проектные работы для строительства искусственных сооружений.

Основные функциональные модули системы (пользовательские функции)

«Ввод, просмотр и обработка данных по конструкциям, дефектам и иным характеристикам искусственных сооружений»

Модуль обеспечивает простую и эффективную процедуру занесения в базу данных необходимой информации о любом типе искусственных сооружений (в том числе графических схем, фото и видеоматериалов) с возможностью дальнейшего быстрого доступа для её просмотра и корректировки (рис. 1–3).

Номенклатура хранимых в АИС ИССО-Н параметров искусственных сооружений определена исходя из обеспечения работоспособности перечисленных далее модулей.

«Создание расчётных данных к условию пропуска нагрузок»

Модуль обеспечивает автоматизированную генерацию необходимого набора расчётных параметров для железобетонных балочных разрезных

(температурно-неразрезных) пролётных строений с ездой поверху, скомпонированных из определённого типа балок. В том числе: поверхности влияния усилий по изгибающему моменту и поперечной силе, предельные значения несущей способности по соответствующему воздействию, значения внешних воздействий от собственного веса пролётного строения, нагрузки от конструкций мостового полотна и пешеходной нагрузки.

«Оценка технического состояния сооружения»

Модуль обеспечивает автоматизированную оценку технического состояния сооружения (рис. 4) по следующим методикам:

- ОДМ 218.3.014–2011 «Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах»;
- Комплексная методика СГУПС (экспериментальная в исследовательских целях);

«Прогноз технического состояния сооружения»

Модуль обеспечивает перерасчёт оценок технического состояния сооружения в зависимости от планируемого устранения тех или иных дефектов.

«Определение условий пропуска нагрузки по грузоподъёмности»

Модуль обеспечивает проверку возможности и условий пропуска произвольной нагрузки по сооружению или группе сооружений (выделенному маршруту) (рис. 5). Сопутствующей функцией является определение грузоподъёмности сооружения, выраженной в классах нормативных и эталонных нагрузок.

«Формирование схемы произвольной нагрузки»

Модуль обеспечивает возможность сформировать схему любого транспортного средства, которое необходимо провезти по сооружению или группе сооружений (рис. 6).

«Планирование и расчёт стоимости работ нормативного содержания»

Модуль обеспечивает расчёт необходимых средств (в текущих ценах ресурсным методом) на нормативное содержание конкретного сооружения и групп сооружений, с учётом фактических конструктивных характеристик каждого объекта и региона его расположения (рис. 7). Нормативная база — ГЭСНс 81–06–01–2001.

«Планирование и расчёт стоимости работ сверхнормативного содержания»

Модуль обеспечивает формирование плана и ориентировочный расчёт средств (в текущих ценах ресурсным методом) на ремонт сооружения или группы сооружений, выполняемый в рамках работ по сверхнормативному содержанию по ведомостям дефектов и технологическим картам (планово-предупредительные работы), и учитывающий фактическое состояние объекта и регион его расположения (рис. 8). Модуль предусматривает увязку планируемых работ с имеющимися неисправностями, а также возможность оценки состояния сооружения при условии выполнения тех или иных работ.

«Планирование и расчёт стоимости мероприятий по контролю технического состояния сооружений (обследование, диагностика)»

Модуль обеспечивает формирование плана и расчёт средств (в текущих ценах) на проведение всех видов контрольных мероприятий (осмотры, обследования, испытания) с учётом принятой системы контроля технического состояния, заданной периодичности и фактических конструктивных характеристик каждого объекта.

«Планирование и учёт реализации текущих программ проектно-изыскательских работ»

Модуль обеспечивает формирование плана, ориентировочный расчёт средств (в текущих ценах) и учёт выполненных проектно-изыскательских работ.

«Планирование и учёт реализации текущих программ по ремонту, капитальному и реконструкции ИССО»

Модуль обеспечивает формирование плана, расчёт средств (в текущих ценах) и учёт реализованных ремонтных работ, выполняемых по предварительно разработанной проектно-сметной документации.

«Информационно-справочная система по типовым конструкциям ИССО»

Модуль обеспечивает доступ к справочной информации о типовых и широко распространённых проектах, включающей сведения об основных характеристиках конструкций, применяющихся или применявшихся при строительстве искусственных сооружений (рис. 9), что позволяет производить их быструю идентификацию, существенно облегчает ввод данных, исключает разночтения и повышает достоверность информации.

«Запросная система»

Модуль обеспечивает эффективный механизм обработки информации из базы данных, путём доступной пользователю возможности самостоятельно формировать интересующие его произвольные запросы и произ-

вольные отчётные документы. Весь процесс формирования запроса ориентирован на пользователя, не владеющего языком запросов к базам данных (SQL). Выборка, полученная в результате выполненного запроса, может быть экспортирована в формат MS EXCEL как отчёт, а также обрабатывается в рамках системы на уровне группировки данных.

«Проверка введённых данных»

Модуль обеспечивает автоматизированную проверку соответствия внесённых в систему данных установленным формальным требованиям к их составу и качеству.

«Формирование стандартных отчётов»

Модуль обеспечивает формирование и печать отчётных документов (рис. 10), утверждённых в качестве стандартных форм отчётности (сводные таблицы наличия и состояния сооружений, планы ремонтных работ, технический паспорт сооружения и т.д.).

Архитектура и режимы функционирования программного обеспечения системы

АИС ИССО-Н спроектирована на основе трёхзвенной архитектуры в составе следующих компонентов:

- сервер баз данных, обеспечивающий хранение данных, а также их целостность и непротиворечивость;
- сервер приложений, обеспечивающий реализацию функциональной логики предметной области АИС ИССО-Н;
- приложения-клиенты, отвечающие за интерфейс пользователя АИС ИССО-Н.

АИС ИССО-Н функционирует в двух режимах:

- Сетевой. Предполагает наличие серверного оборудования и серверных систем управления базами данных. Пользователи работают на персональных компьютерах, доступ к серверу приложений и данным осуществляется по локальной сети организации.
- Локальный. Все компоненты системы устанавливаются на персональном компьютере пользователя. Данный режим работы системы может быть использован при отсутствии необходимости

Планирование нормативных работ

Единица измерения	Оценка по...	Оценка по...	Оценка по...	Оценка по...	Оценка по...	Оценка по...
н	кв.м	кв.м	н	н	н	н
Объем фактический	73.00	69.35	9.80	57.50	121.00	24.00
Включать в план	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Сметные работы	1902.66	1736.65	281.72	448.13	943.03	413.9
Заработная плата рабочих, руб.	0.00	314.81	49.83	742.71	1562.93	74.09
Заработная плата машинистов, руб.	0.00	0.00	0.00	15.13	31.85	0.00
Стоимость материалов, руб.	0.00	831.60	131.62	4155.95	8745.57	195.7
Стоимость эксплуатации машин и механизмов	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Наложение расходов, руб.	222.61	300.49	48.36	540.45	1137.29	71.33
Прибыль, руб.	152.21	205.46	33.07	369.54	777.64	48.77
НДС, руб.	409.95	553.35	89.06	995.26	2094.37	131.3
Транспортные расходы, руб.	56.94	76.86	12.37	138.23	290.88	18.24
Итого, руб.	2744.37	3704.40	596.19	6662.69	14020.62	879.3

Рис. 7. Индивидуальная форма редактирования «Планирование нормативных работ»

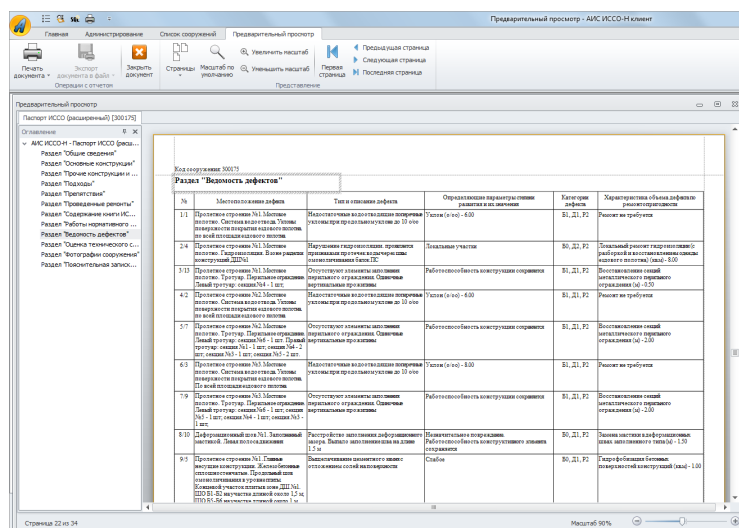


Рис. 8. Форма выбора ремонтной работы из каталога-справочника

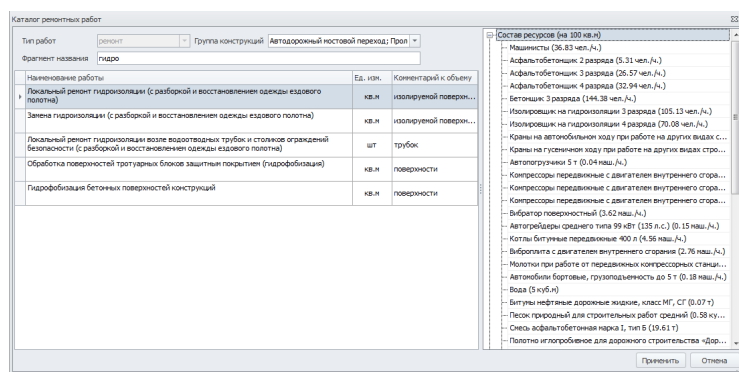


Рис. 9. Каталог железобетонных пролётных строений

одновременного многопользовательского доступа к базе данных. Например, при работе пользователя в полевых условиях.

Порядок наполнения базы данных АИС ИССО-Н информацией

Полнота и качество внесённой информации определяют уровень дальнейшей работы системы. Чем больше сведений о конструкции сооружения и его состоянии будет храниться в базе данных и чем достоверней будет эта информация, тем больше возможностей программного комплекса может быть задействовано и тем эффективнее будут результаты решения аналитических задач и принимаемых управленческих решений.

Процесс формирования в АИС ИССО-Н реальных данных по сооружениям включает последовательную реализацию двух основных этапов:

1. Первоначальное наполнение базы данных информацией о сооружениях.
2. Регулярная актуализация сведений в базе данных.

Единственным по-настоящему эффективным способом реализации первого этапа является проведение специализированного обследо-

вания сооружений с привлечением квалифицированных специалистов. Технология организации и проведения, а также детальные требования к результатам такого обследования уже отработаны на практике.

Последующая актуализация информации в базе данных должна осуществляться по результатам всех видов мероприятий по контролю технического состояния сооружений. Система проведения контрольных мероприятий (система надзора) с обновлением базы данных АИС ИССО-Н может быть реализована в двух принципиальных вариантах. Первый вариант — это «классическая» практика, когда обследование или диагностика сооружений проводится с периодичностью 5 лет. Однако, если обновление сведений о сооружениях будет осуществляться 1 раз в 5 лет, эффективность использования системы существенно снизится. В первую очередь это касается актуализации информации о техническом состоянии сооружений и невозможности в полной мере реализовывать прочие основные функции системы по анализу динамики изменения состояния мостового парка, планированию программ ремонта, учёту выполнения программ ремонта и т.д. Кроме того, крайне важным является поддержание в актуальном состоянии данных по расчёту условий пропуска нагрузки по мостовым сооружениям, используемых при оказании государственной услуги по выдаче разрешений на пропуск по автомобильным дорогам тяжёлой нагрузки.

Альтернативой сложившейся практике организации и проведения периодической диагностики как основной системы сбора информации о состоянии сооружения является внедрение «комплексного контроля технического состояния» сооружений. Основным элементом такого «комплексного контроля» является «специализированный сезонный осмотр» сооружений. Данный термин включён в ОДМ 218.4.020–2014 «Рекомендации по определению трудозатрат при оценке технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах», а также в изменении к ОДМ 218.4.001–2008 «Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах» и трактуется следующим образом:

Специализированный сезонный осмотр — тип обследования искусственных сооружений, выполняемого специализированной организацией в рамках ежегодного сезонного осмотра (как правило весеннего, осеннего) согласно действующим отраслевым документам с целью получения актуальной информации о техническом состоянии сооружений и принятия при необходимости соответствующих мер по обеспечению безопасного и бесперебойного пропуска транспортных средств и пешеходов, а также обновления базы данных автоматизированной информационной

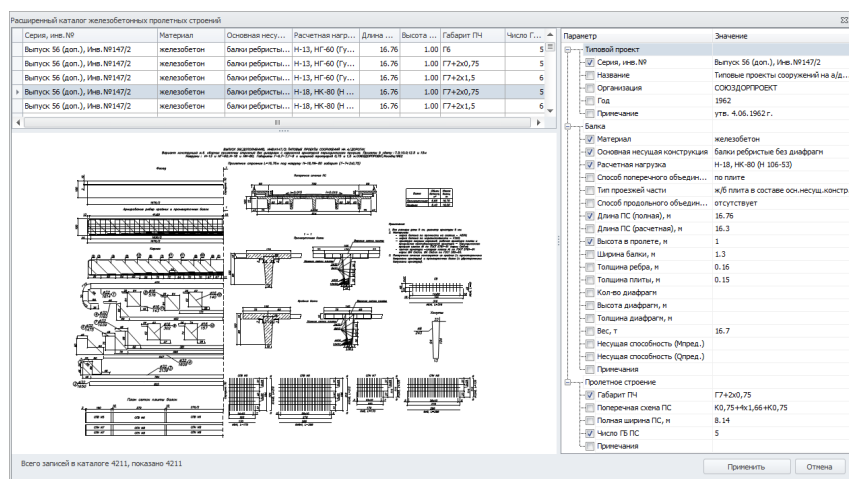


Рис. 10. Форма предварительного просмотра отчёта «Технический паспорт моста»

Внедрение специализированного сезонного осмотра позволит дополнительно на более высоком уровне информировать и заказчика, и подрядчика о фактическом текущем состоянии сооружений для принятия более обоснованных решений по необходимым ремонтным мероприятиям.

системы актуальными сведениями по параметрам дефектности, планированию ремонтных работ и обоснованию текущих оценок технического состояния, если такая система используется для хранения и обработки информации о сооружениях.

Очевидно, что актуализация информации в базе данных с периодичностью 2 раза в год (как вариант — 1 раз в год) имеет неоспоримые преимущества по сравнению с традиционной периодичностью — 1 раз в 5 лет. При этом затраты на выполнение специализированного осмотра по уже имеющемуся опыту проведения подобных работ будут сопоставимы с затратами на проведение периодической диагностики. То есть стоимость проведения 10 специализированных осмотров в течение 5 лет сопоставима со стоимостью проведения однократной периодической диагностики. Такой уровень соответствия обусловлен следующими основными факторами:

- при проведении осмотров требуются гораздо меньшие фактические трудозатраты за счёт исключения для большинства объектов целого ряда работ, предусмотренных периодической диагностикой;
- специализированные организации, реализующие на протяжении нескольких лет «комплексный контроль технического состояния» сооружений в зоне контрактной

ответственности, уже знакомы с нюансами контролируемых ими объектов, что также позволяет исключить «лишние» трудозатраты на исследование уже известных проявлений дефектности и условий эксплуатации сооружений.

Следует отметить, что специализированный сезонный осмотр и традиционный периодический осмотр, выполняемый подрядными организациями совместно с представителем заказчика в рамках нормативного содержания сооружений, не являются одним и тем же и не подменяют друг друга. Специализированный сезонный осмотр имеет целью актуализацию информации в автоматизированной системе, проводится квалифицированными специалистами по обследованию сооружений и за счёт средств, выделяемых на обследование (диагностику) сооружений. Традиционный периодический осмотр, в том виде, как его трактует ВСН 4–81, практически никогда в полном объёме не реализовывался в силу отсутствия в дорожных подразделениях специалистов должного уровня. А после разделения функций заказчика и подрядчика и с переходом на контрактную систему выполнения работ нормативного содержания традиционный периодический осмотр стал способом оценки общей ситуации на сооружениях ответственными лицами и согласования объёмов работ сверхнормативного

содержания между заказчиком и подрядчиком. Внедрение специализированного сезонного осмотра позволит дополнительно на более высоком уровне информировать и заказчика, и подрядчика о фактическом текущем состоянии сооружений для принятия более обоснованных решений по необходимым ремонтным мероприятиям.

Перспективы развития АИС ИССО-Н

В стадии разработки находится веб-версия АИС ИССО-Н, выпуск которой планируется в конце 2016 года.

Предполагается, что веб-версия системы своими основными пользовательскими функциями, обеспечивающими возможность сформировать в базе данных необходимый набор параметров, будет доступна территориальным органам управления автомобильных дорог на безвозмездной основе.

Предоставление доступа к аналитическим модулям системы планируется на условиях аренды. ■

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. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.11.
2. Мостовые сооружения АИС ИССО-Н в ГИС IndorRoad // Официальный сайт компании «ИндорСофт». URL: <http://indorsoft.ru/about/news/50396/> (дата обращения: 24.09.15).

Геопорталы дорожных организаций в контексте мирового опыта

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.20

Дмитриенко В.Е., коммерческий директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Приводится обзор геопорталов (интерактивных карт и источников картографических данных), полезных для конечных пользователей дорог. Рассматриваются функции, призванные помочь путешественникам, сделать их передвижение безопасным, комфортным и интересным. В заключении даётся краткий список решений, положительно влияющих на общественное мнение о качестве дорог.

*Карты разные нужны,
Карты разные важны.
По мотивам стихотворения
С. Боголюбовой*





Интернет прочно вошёл в нашу жизнь. Через интернет мы пользуемся банковскими услугами, компании доверяют свою бухгалтерию интернет-сервисам, интернет также позволяет решать, например, навигационные задачи на качественно ином уровне — с учётом загруженности дорог именно в данный момент.

В статье проводится обзор геоинформационных сервисов, предоставляемых различными дорожными организациями развитых стран. Какие задачи они решают? Какого рода информация доступна общественности? Какую пользу можно извлечь органам управления?

Изложение идёт в направлении от зарубежного опыта к отечественному с выделением особенностей, ключевых функций и возможностей сайтов организаций, ответственных за содержание дорог.

США

Дорожная сеть США иногда называется федеральной, фактически же содержанием дорог с 1926 года занимаются власти штатов. Маршруты и номера магистралей координируются Американской ассоциацией служащих государственных автодорог и транспорта (AASHTO). Единственный представитель государства в ассоциации от министерства транспорта США (U.S. Department of Transportation – Federal Highway Administration) не имеет права голоса [1].

Министерство транспорта США

Раздел America's byways [2] полностью посвящён достопримечательностям и интересным маршрутам, где помимо карт вы найдёте красочное описание и фотографии мест, по которым проходит дорога (рис. 1).

Общая протяжённость дорог США — 6 586 610 км, из них:

- с покрытием — 64%;
- в черте города — 26%.

Количество мостов — 610 749, из них:

- в черте города — 166 тыс.;
- за городом — 444 тыс.

На сайте Бюро транспортной статистики департамента транспорта США [3] открыт доступ к SHP-файлам (векторная графика) и DBF-файлам (базы данных) с аэропортами, альтернативными заправками, железнодорожными станциями, таможенными постами, местами дорожно-транспортных происшествий, мостами, населёнными

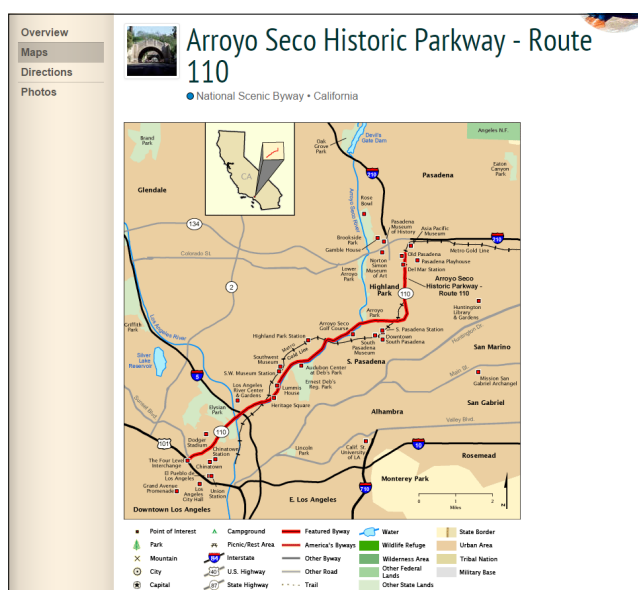


Рис. 1. Департамент транспорта и администрация федеральных автодорог США предлагают совершать интересные и познавательные путешествия, используя опубликованные карты достопримечательностей

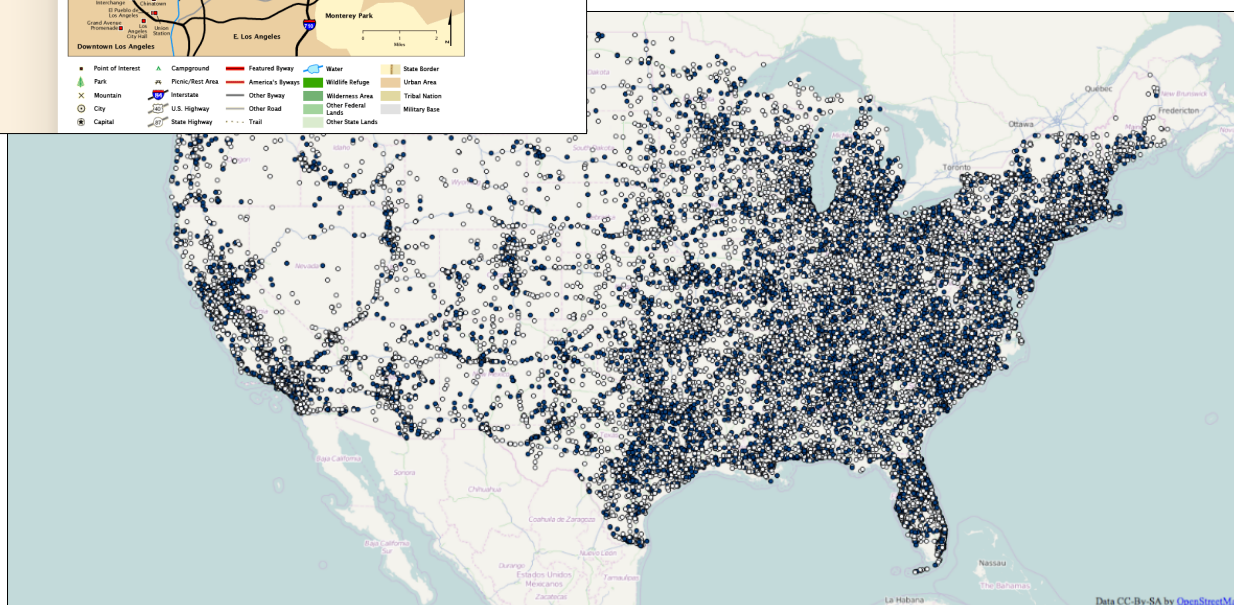


Рис. 2. Пример совмещения публичной карты OpenStreetMap с данными по дорожно-транспортным происшествиям США, полученными с сайта Бюро транспортной статистики

Рис. 3. Подробная карта транспортной сети США (сеть федеральных автомобильных дорог, интерстейты и железнодорожная сеть)

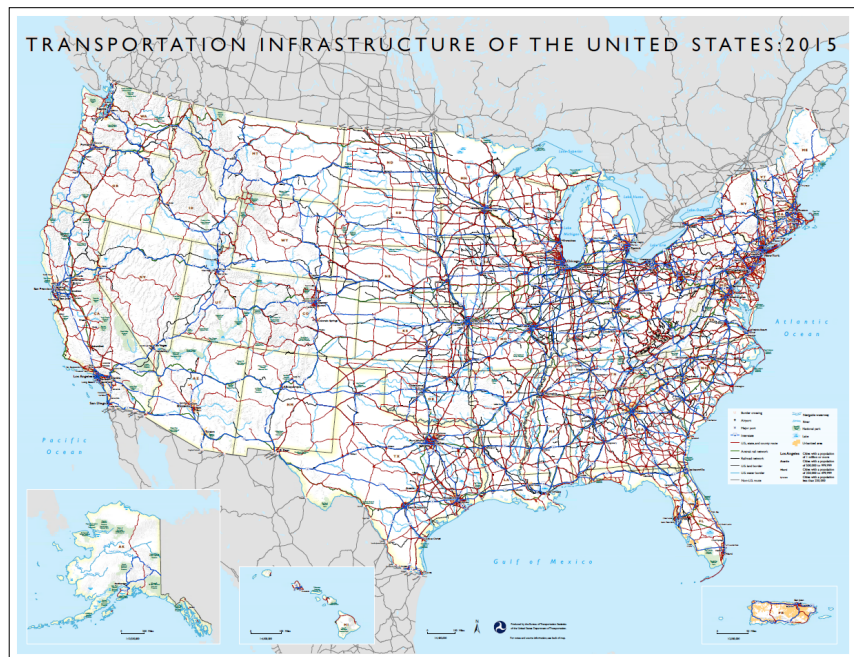


Рис. 4. Выборка всех мостов штата Алабама, отсортированная по графе «Процент износа»

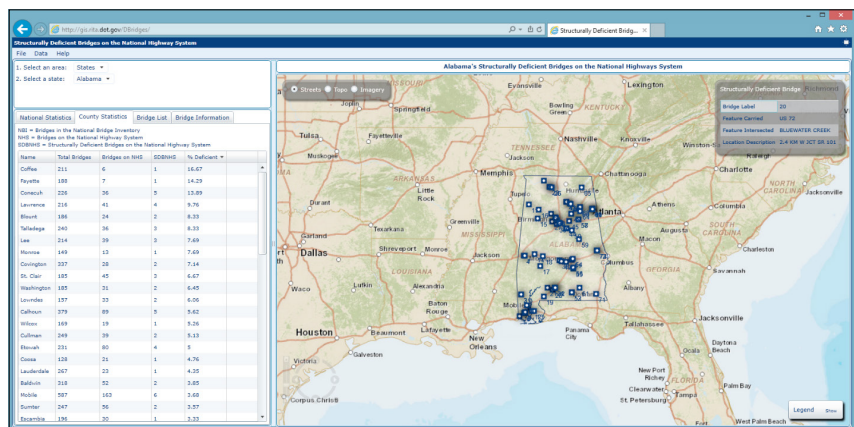
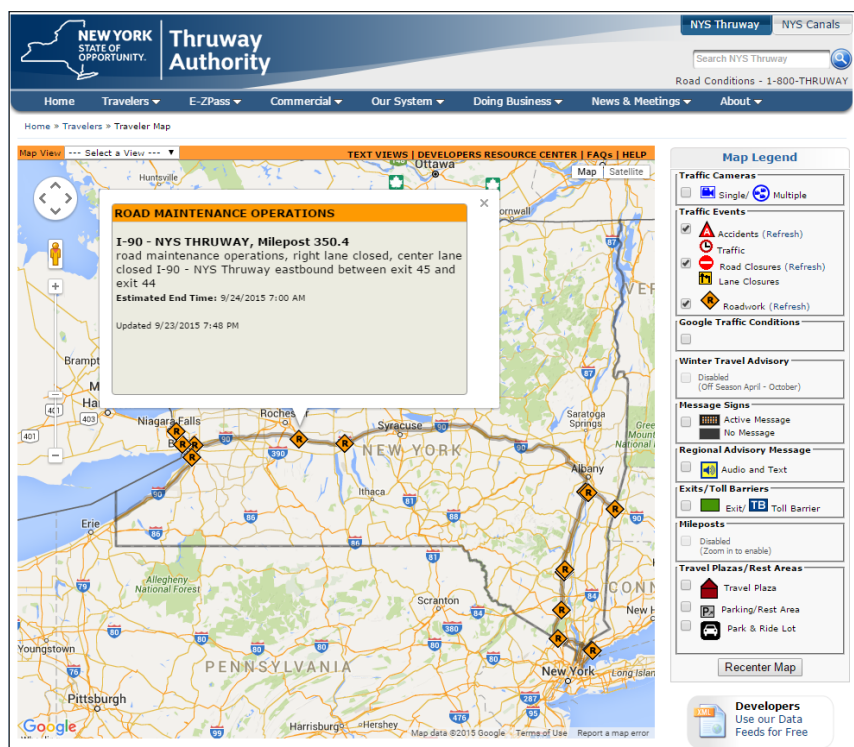


Рис. 5. Интерактивная карта для путешественников по штату Нью-Йорк



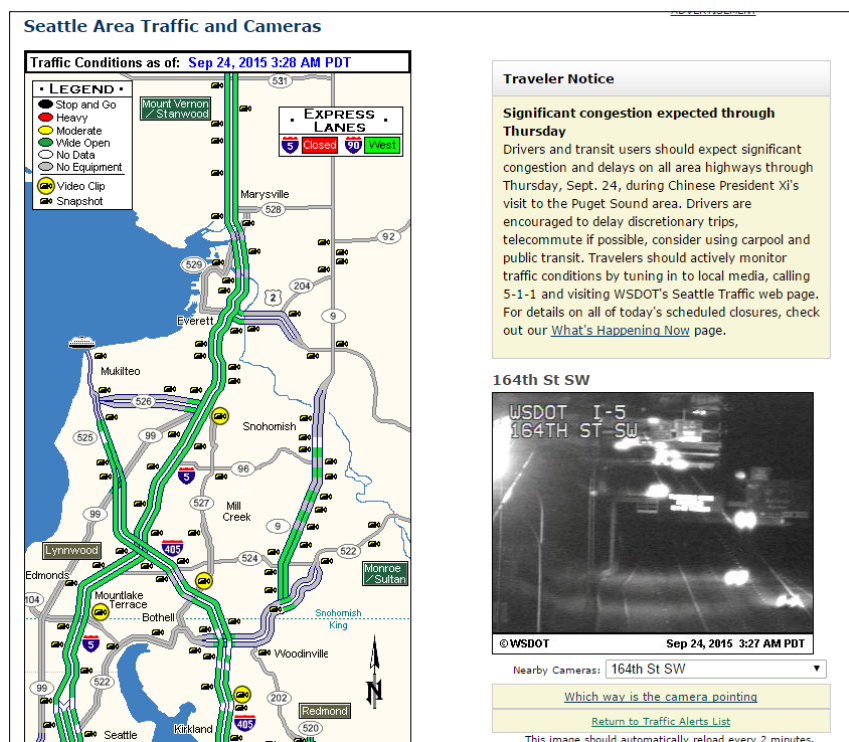


Рис. 6. Схема дорог и степень их загруженности на сайте департамента транспорта штата Вашингтон

пунктами, морскими портами, железнодорожными переездами и т.д. Всего примерно 36 слоёв с разбивкой по годам актуальности. То есть вы можете скачать нужные вам слои данных и самостоятельно собрать карту для решения ваших задач. В том числе и отслеживать динамику.

Там же можно скачать самую подробную карту транспортной сети США в виде PDF (рис. 3).

Отдельно по мостам сделана интернет-карта с информацией о текущем состоянии конструкций (рис. 4).

Для обмена географически-связанной информацией специально создан ресурс GIS in Transportation Website [4]. На нём регулярно публикуются статьи, расписания мероприятий, обучающих курсов, отчёты, видеозаписи и многое другое.

На сайте федерального управления скоростными магистралями можно найти детальную таблицу со статистикой дорожно-транспортных происшествий, разбитую по годам, видам транспортных средств, числу пострадавших.

Помимо федеральных ведомств, США делегирует большие полномочия властям штатов. Например, на сайте управления скоростными дорогами штата Нью-Йорк [5] мы можем

воспользоваться картой, где указано расположение видеокамер, по каждой из них есть возможность визуально оценить трафик и ситуацию на дороге. Там же можно подключить слой с действующими ограничениями на дороге (рис. 5).

Интересной особенностью карты является слой со знаками переменной информации — можно узнать не только места их установки, но и текст, который сейчас там отображён. Интересен также слой с региональными информационными радиостанциями и текстом сводки-сообщения, который ретранслируется сейчас. На отдельных слоях обозначены все выезды со скоростной дороги, пункты оплаты, места отдыха, парковки. Для сторонних разработчиков предусмотрены инструкции и доступ к оперативной информации с помощью формата XML.

Подобные картографические сервисы есть и в других штатах:

- Штат Монтана — Montana Department of Transportation [6]. Ресурс предоставляет информацию о дорожных событиях, дорожных работах, дорожных условиях, видеокамерах и изображениях, полученных с их помощью.
- Штат Вашингтон — Washington State Department of Transportation

[7]. На сайте имеются ссылки на приложения для мобильных устройств с картой загруженности дорог, погодными условиями, расписанием паромов, состоянием горных перевалов, стоимостью проезда по платным участкам, информацией о прохождении таможенных процедур.

- Штат Калифорния — California Department of Transportation [8]. На интерактивной карте вы можете включить слои с загруженностью дорог, ограничениями по движению, инцидентами, пожарами, сообщениями знаков переменной информации, видеокамерами.

Великобритания

Компактность территории и несколько иная структура общества привели к большей сплочённости органов управления и большей открытости информации.



Общая протяжённость сети дорог Великобритании — 395 тыс. км, из них:

- автомагистрали (motorways) — 3,6 тыс. км;
- главные магистрали (A) вне городов — 35,6 тыс. км;
- главные магистрали (A) в черте города — 11,1 тыс. км.

Так, например, на сайте Highways England вы можете найти не только актуальные данные о загруженности дорог и ограничениях (рис. 7), но и увидеть карту проектов дорожных работ [9]. Проекты разделены на запланированные, выполняемые сейчас, выполненные, замороженные, отменённые. По ним возможен поиск и фильтрация, а самое главное — карточка проекта содержит не только общее описание работ, даты, стоимость, но и другую важную информацию:

- Этапы работ по датам и участкам. Какие и когда будут ограничения на движение.
- Какие работы будут проводиться.
- Почему эти работы необходимы, и сколько они будут стоить.
- Как это скажется в дальнейшем на схеме движения.

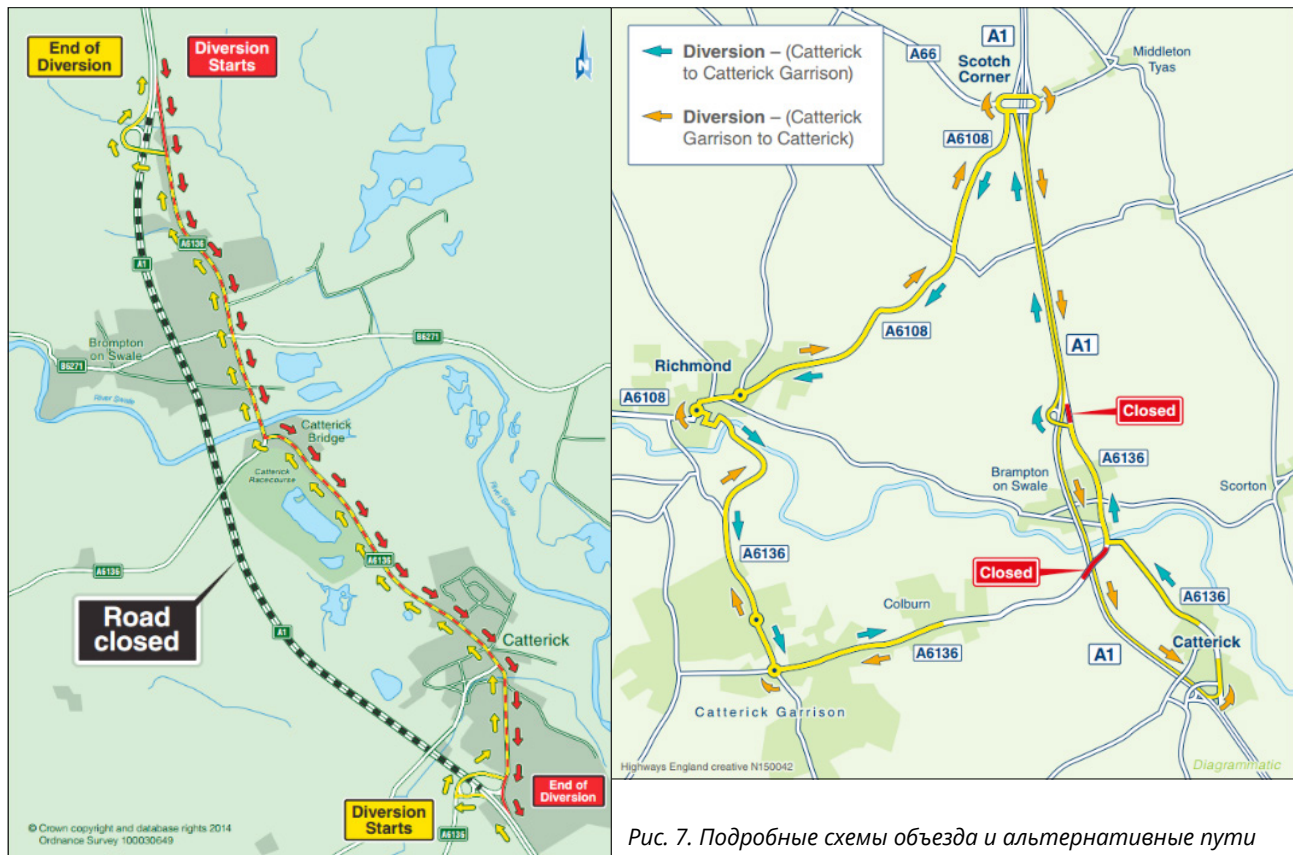


Рис. 7. Подробные схемы объезда и альтернативные пути

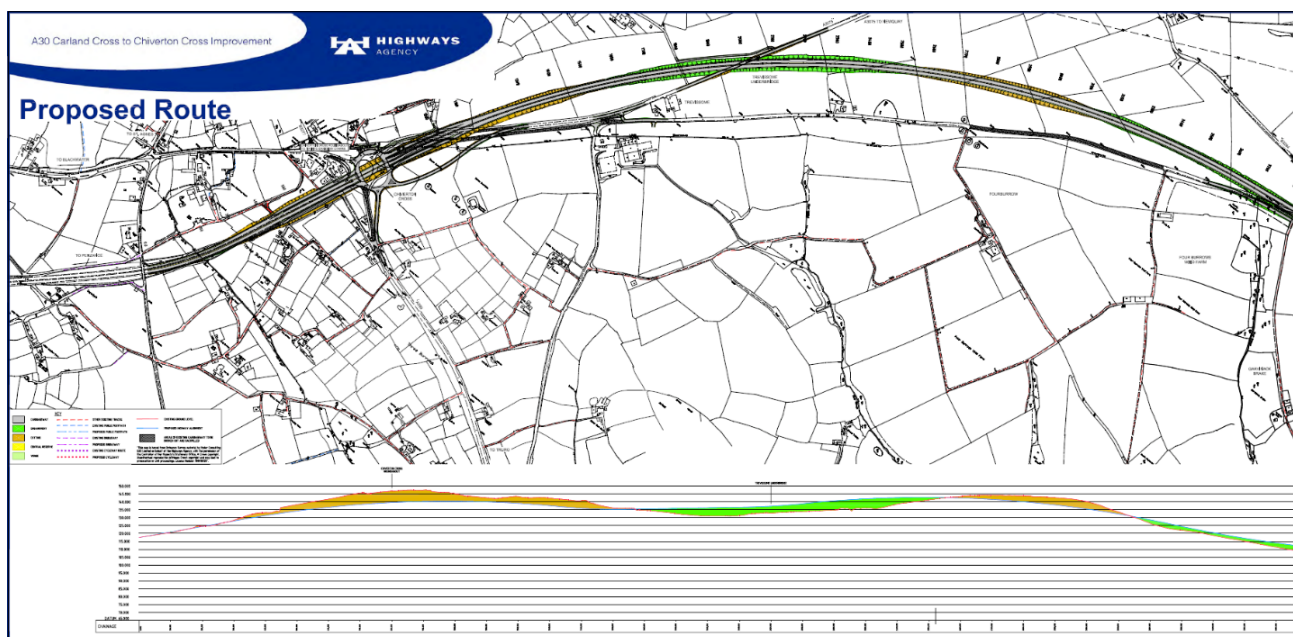


Рис. 8. Пример проектной документации на участок реконструкции автомобильной дороги в формате PDF

- Какие преимущества от этих работ получит общество.
- Как получить больше информации о работах и как связаться с ответственными лицами.
- Детальный график работ по дням с примерной оценкой задержки трафика.
- Схемы объезда на каждый этап.
- Великое множество электронных документов по проекту:
 - а. Брошюры, где всё собрано воедино: от целей работ до последствий, включая воздействие на окружающую среду и экономическое благосостояние.
 - б. Правовые документы: заключения экспертизы, результаты слушаний.
 - в. Пресс-релизы.
 - г. В некоторых случаях — проектная документация (со ссылками на сайты проектных организаций) (рис. 8).

Новая Зеландия



Общая протяжённость дорог Новой Зеландии — 83,7 тыс. км, из них 62% с покрытием.

Агентство транспорта Новой Зеландии создало очень удобный сайт для взаимодействия с пользователями дорог. Начиная с первой страницы, довольно просто разобраться в том, какие услуги и как предоставлены агентством. На главной странице сайта сразу есть ссылка Traffic and travel, где вы увидите интерактивную карту о событиях на дороге [10]. Среди меток на карте: аварии, предупреждения, дорожные работы (рис. 9). По каждой метке есть информация о последствиях для водителей: дорога закрыта, будут задержки в пути, будьте внимательны. Плюс, имеются описание и рекомендации, как лучше поступить при планировании маршрута в данном направлении. Данные по каждой метке можно наблюдать на интерактивной карте и в табличном виде, где в дополнение ко всему есть и общие предупреждения по региону.

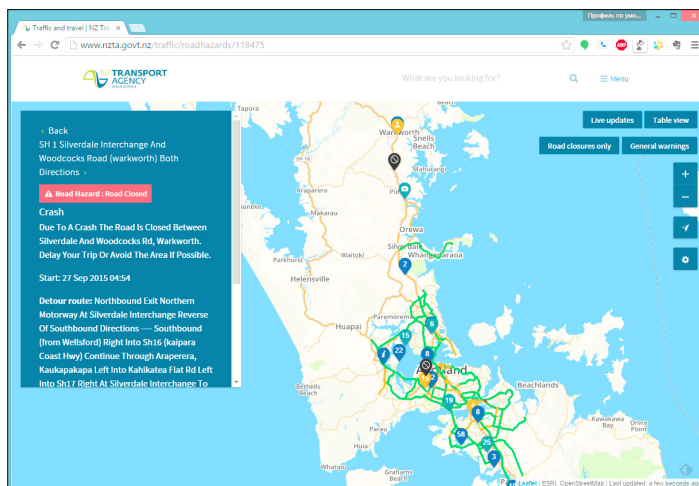


Рис. 9. Участок интерактивной карты дорожной сети Новой Зеландии с отметками о дорожных событиях и рекомендациях по движению

Исландия



Общая протяжённость дорог Исландии — 13 тыс. км.

Правительство Исландии на своём сайте [11] делает упор на погодные условия и плюс ко всему предоставляет доступ к более чем 300 камерам, транслирующим информацию в реальном времени. Интерактивная карта позволяет выбирать слои: камеры, пункты учёта трафика, метеоданные (рис. 10). По пунктам учёта трафика доступна подробная информация: сколько машин проехало за последние 15 минут и за текущие сутки. А выбрав стрелку направления ветра слоя метеоданных, вы увидите информацию о скорости ветра, температуре воздуха и дороги, влажности.

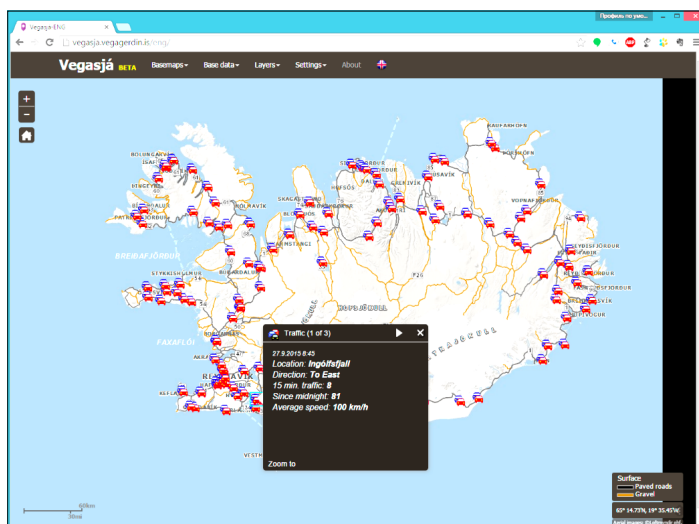


Рис. 10. Карта датчиков загруженности дорог Исландии и пример показаний с одного из них

Финляндия



Общая протяжённость дорог Финляндии — 454 тыс. км, из них 78 тыс. км под управлением Транспортного агентства Финляндии.

Транспортное агентство Финляндии на своём сайте [12] предоставляет доступ к интерактивной карте дорожной ситуации. Разделение по слоям такое: нарушения и аварии, дорожные работы, загруженность дорожной сети, пробки

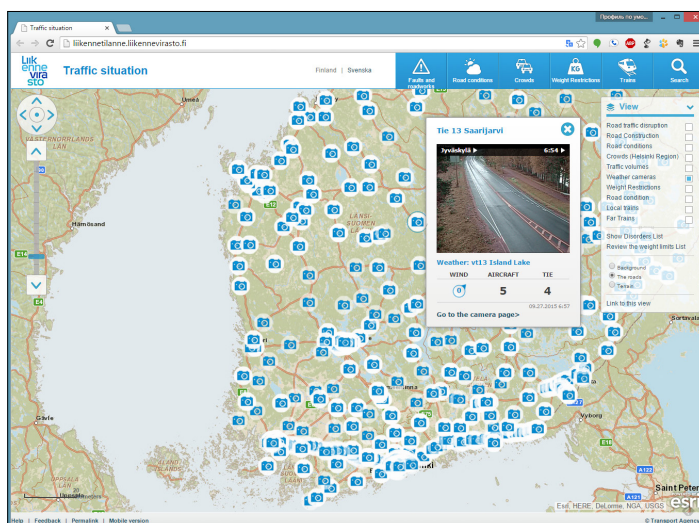


Рис. 11. Интерактивная карта дорог Финляндии, расположение дорожных видеокamer и онлайн-изображение с них

(около Хельсинки), объём трафика (количество машин за час и средняя скорость), камеры и метеостанции (почти всегда совмещены в одной точке), места ограничения по массе, условия на дороге (рис. 11). Помимо управления видимостью каждого слоя в отдельности, есть заранее предустановленные варианты просмотра: проблемы и дорожные работы, погодные условия, загруженность, ограничения для передвижения.

Австралия



Общая протяжённость дорог Австралии — 169,3 тыс. км, из них:

- национальные — 4,3 тыс. км;
- областные — 18,0 тыс. км;
- финансируемых из частных фондов — 147 тыс. км.

Количество мостов — 5 287, тоннелей — 22.

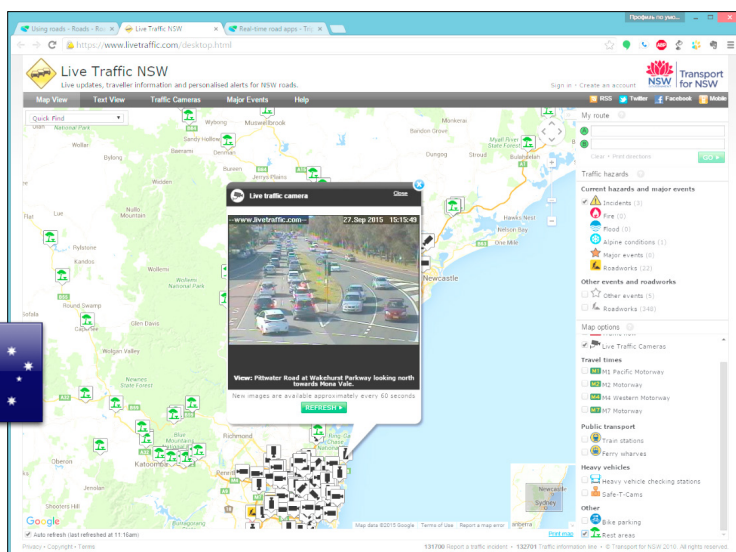


Рис. 12. Интерактивная карта для путешественников по Австралии

Транспортному агентству Австралии [13] введены не только функции управления дорожной инфраструктурой, но и контроль водного транспорта. Для автолюбителей предоставлена интерактивная карта Life Traffic, где послойно отмечены инциденты, пожары, наводнения, высокогорные ограничения, дорожные работы, загруженность дорог, видеокамеры, пункты отдыха (рис. 12). Примечательно, что тут же на сайте агентства представлен список мобильных приложений, открыто использующих эти данные для оперативного взаимодействия с водителями. В приложениях можно планировать маршрут, проверять альтернативные направления, автоматически получать уведомления о состоянии трафика, сравнивать расчётное время движения.

Евросоюз



Общая протяжённость дорог ЕС-28 с покрытием — 5 млн. км.



Рис. 13. Интерфейс каталога геопространственных данных Германии

В Германии нас встречает «Министерство транспорта и цифровой инфраструктуры» Германии (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, BMVI) [14]. Сеть федеральных дорог (Bundesstraßen) Германии составляет около 40 тыс. км. Километровые знаки на этих дорогах прямоугольные жёлтые с чёрными цифрами, в отличие от автобанов (Autobahn), где белые цифры на синем фоне. Федеральные дороги и автобаны Германии обслуживает Федеральное агентство Министерства транспорта Германии. Федеральные дороги рангом ниже автобанов, но выше областных (Landesstraßen) и районных (Kreisstraße) автомобильных дорог.

На сайте Федерального агентства нет карт в привычном виде. Исполняя директиву Европейского Союза 2007/2/EG (INSPIRE) [15], правительство Германии создало комитет, а в последствии — программу геопространственных данных Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE), в рамках которой для решения этой задачи создало специальный сайт geoportal.de [16] и каталог Geodata Catalogue.de, где и публикуются ссылки на геопространственные данные. На те-

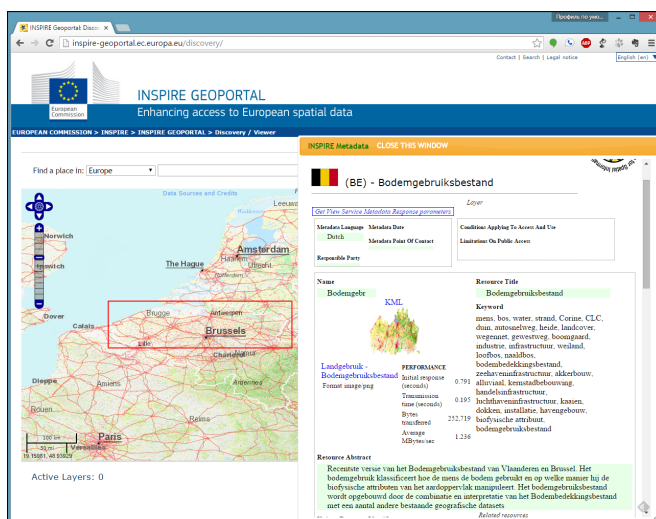


Рис. 14. Каталог инфраструктуры пространственных данных INSPIRE

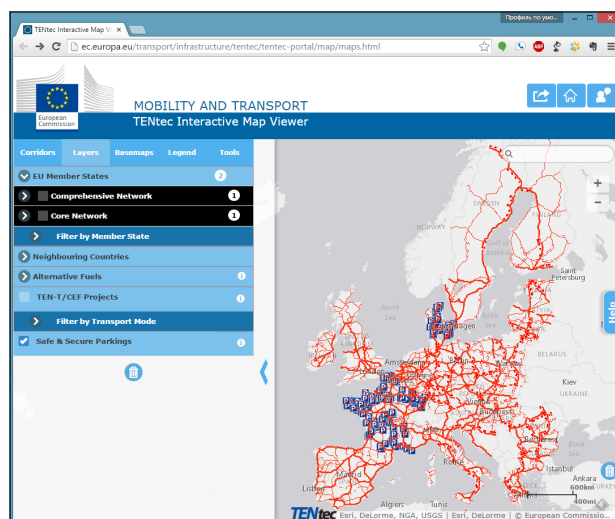


Рис. 15. Геопортал Трансъевропейского транспортного управления

кущий момент это 29 служб, объединяющих 85 000 наборов данных, в т.ч. с дорогами.

Этот каталог является частью европейской инфраструктуры пространственных данных INSPIRE [17] и доступен для использования в масштабах Евросоюза. Все желающие могут этими данными пользоваться, в том числе и коммерческие компании, которые на основе именно этих данных создают, к примеру, навигационные сервисы.

Как следствие — страны Европы (Австрия, Бельгия, Болгария, Кипр, Чехия, Дания, Эстония, Греция, Испания, Финляндия, Франция, Хорватия, Венгрия, Ирландия, Италия, Латвия, Люксембург, Литва, Мальта, Нидерланды, Польша, Португалия, Румыния, Швеция, Словения, Словакия, Великобритания) для своей деятельности применяют единое информационное поле и стандарты обмена картографическими данными.

Трансъевропейское транспортное управление (Trans-European transport network executive agency, TENtec) на своём портале [18] приглашает посмотреть интерактивные карты дорог Евросоюза, но, кроме транспортной сети, обозначения ключевых направлений и парковок по некоторым странам ЕС, интересного для простого обывателя там нет (рис. 15).

Россия

На сайте Федерального дорожного агентства есть интерактивная карта [19], по которой можно прокладывать маршрут (рис. 16). Используются картографические данные Google.

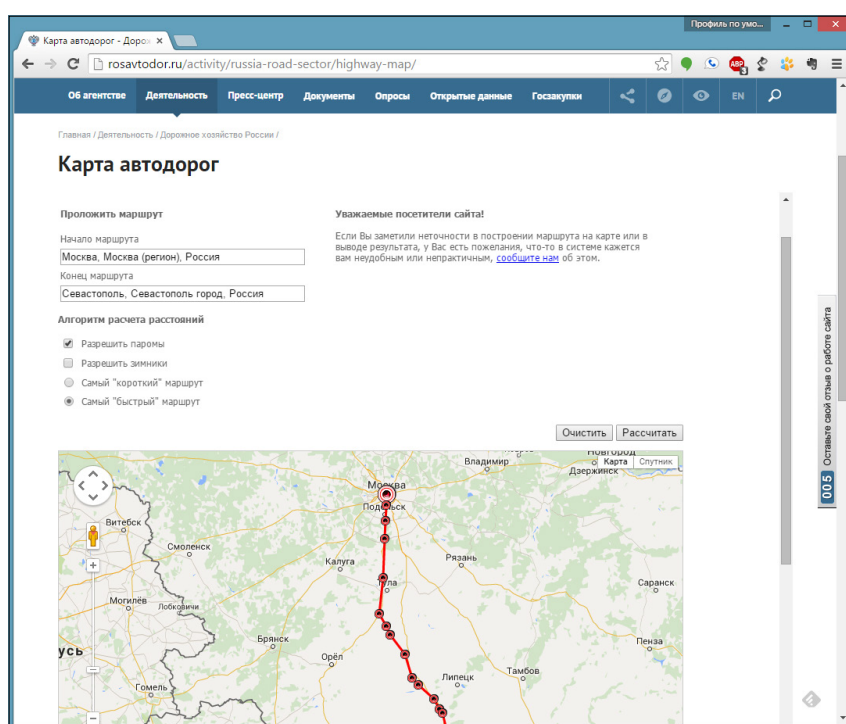


Рис. 16. Сервис составления маршрутов Федерального дорожного агентства

Общая протяжённость сети дорог РФ — 1 396 тыс. км, из них:

- 50,8 тыс. км — дороги федерального значения:
 - 48,1 тыс. км — в ведении Росавтодор;
 - 2,7 тыс. км — в ведении ГК «Автодор»;
- 503 тыс. км — регионального значения;
- 842 тыс. км — дороги местного значения.

Из всей протяжённой сети региональных и местных дорог 29 процентов не имеют твёрдого покрытия.

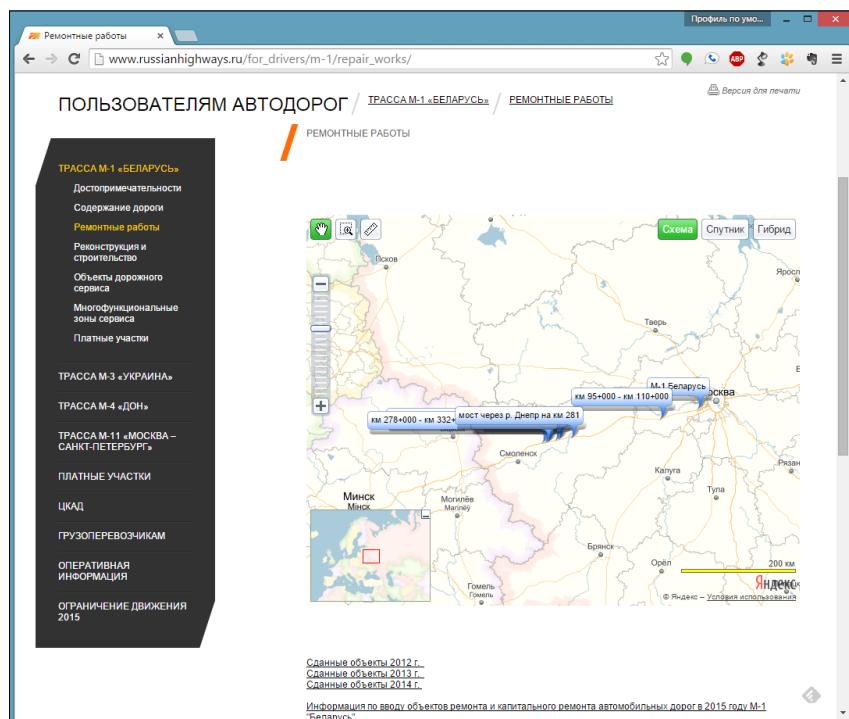


Рис. 17. Информация о текущих ремонтах по дороге М-1 «Беларусь» на сайте ГК «Автодор»

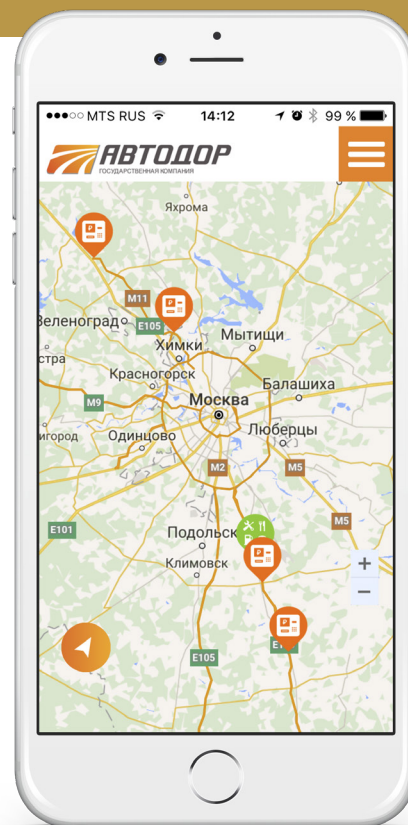


Рис. 18. Мобильное приложение «Автодор»

Оператор платных автомобильных дорог России Государственная компания «Автодор» на своём сайте [20] публикует для пользователей дорог перечень достопримечательностей, карту ремонтных работ, планы по реконструкции, пункты сервиса (заправки, кафе, многофункциональные зоны), информацию по платным участкам (рис. 17). Используются картографические данные «Яндекс-Карт». Кроме того, аналогичный по функционалу сервис доступен и пользователям мобильных приложений (рис. 18).

Заключение

Это далеко не исчерпывающий обзор картографических сервисов, предоставляемых дорожными агентствами различных стран для пользователей автомобильных дорог. Из всего спектра инициатив можно выделить лучшие практики информирования пользователей дорог.

- Дорожное агентство, являясь оператором дорог, может предоставлять общественности актуальную информацию о дорогах и схеме движения по ним. Это не только точное местоположение проезжих частей и схемы движения, но и временные затруднения, ожидающие водителя в пути.

- Дорожное агентство может предоставлять на карте информацию о сопутствующем сервисе для путешественников: заправки, отели, места отдыха, стоянки, туалеты, посты полиции, службы технической помощи или станции технического обслуживания.
- Дорожное агентство, стремясь создать положительную реакцию пользователей дорог, может на карте публиковать информацию о достопримечательностях.
- Многие агентства публикуют местоположение дорожных камер и позволяют в реальном времени смотреть ситуацию на дороге. Можно оценить загруженность и дорожные условия. Хотя для этих целей можно использовать и другие визуальные приёмы: на карте отразить прохождение циклона или загруженность дорог отразить картограммой, где цвет дороги будет отражать скорость транспортного потока.
- С точки зрения безопасности движения, полезной для водителя является информация о местах концентрации дорожно-транспортных происшествий. Ещё один приём — публикация особых точек с ограничениями по скорости движения, в местах запрета

обгона и местах, где требуется повышенное внимание от водителя. Эти пункты легко можно загружать в навигатор и использовать прямо в пути.

Интересен пример Евросоюза, где введены стандарты на структуры данных и регламенты для обмена информацией. Это позволяет наладить взаимодействие на уровне не только различных ведомств, но и между сопредельными государствами. Как результат — единое информационное пространство, хотя интерактивных карт для пользователей дорог на сайтах государственных учреждений нет. Картографические сервисы для пользователей дорог отданы на откуп коммерческим компаниям.

В обзор сознательно не попали специализированные сервисы для инженеров [21–23], где на карте можно наблюдать специфические для органов эксплуатации объекты (водопропускные трубы, ограждения, дорожные знаки, мосты, эстакады и пр.). Это тема для отдельного обзора, где похожие технологии могут быть полезны узкому кругу специалистов.

Карты — это наглядный способ ориентации в пространстве, инструмент для планирования и принятия решений. Поскольку в ведении дорожного агентства, как правило, есть большой

объём не только полезной, но и необходимой информации для водителей, можно путём своевременного информирования влиять на безопасность, качество передвижения и, что интересно, — формировать положительное общественное мнение о дорогах. ■

Литература:

1. U.S. Department of Transportation — Federal Highway Administration. URL: <http://www.fhwa.dot.gov/> (дата обращения: 28.09.2015).
2. America's Byways. URL: <http://www.fhwa.dot.gov/byways/> (дата обращения: 28.09.2015).
3. U.S. Department of Transportation — Bureau of Transportation Statistics. URL: <http://www.rita.dot.gov/bts/> (дата обращения: 28.09.2015).
4. GIS in Transportation Website. URL: <https://www.gis.fhwa.dot.gov/> (дата обращения: 28.09.2015).
5. New York State Thruway Authority. Traveler Map. URL: <http://www.thruway.ny.gov/travelers/map/index.html> (дата обращения: 28.09.2015).
6. MDT Travel Info. URL: <http://roadreport.mdt.mt.gov/travinfo/mobile/> (дата обращения: 28.09.2015).
7. Washington State Traveler Information. URL: <http://www.wsdot.com/traffic/> (дата обращения: 28.09.2015).
8. California Department of Transportation. QuickMap. URL: <http://quickmap.dot.ca.gov/> (дата обращения: 28.09.2015).
9. Highway England. Road Projects. URL: <http://www.highways.gov.uk/roads> (дата обращения: 28.09.2015).
10. New Zealand Transport Agency. Traffic and Travel. URL: <http://www.nzta.govt.nz/traffic/> (дата обращения: 28.09.2015).
11. The Icelandic Road and Coastal Administration (IRCA) — Vegasjá. URL: <http://vegaska.vegagerdin.is/eng/> (дата обращения: 28.09.2015).
12. Finnish Transport Agency. Travel and traffic information. URL: <http://liikennetietilanne.liikennevirasto.fi/> (дата обращения: 28.09.2015).
13. Australian Roads and Maritime. URL: <http://www.rms.nsw.gov.au/> (дата обращения: 28.09.2015).
14. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. URL: <http://www.bmvi.de/> (дата обращения: 28.09.2015).
15. INSPIRE DIRECTIVE. URL: <http://inspire.ec.europa.eu/> (дата обращения: 28.09.2015).
16. Geoportal.de. URL: <http://www.geoportal.de/> (дата обращения: 28.09.2015).
17. INSPIRE GEOPORTAL. Enhancing access to European spatial data. URL: <http://inspire-geoportal.ec.europa.eu/> (дата обращения: 28.09.2015).
18. Mobility and Transport. Welcome to our Public Portal. URL: <http://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/en/abouttent.htm> (дата обращения: 28.09.2015).
19. Федеральное дорожное агентство. Карта автодорог. URL: <http://rosavtodor.ru/activity/russia-road-sector/highway-map/> (дата обращения: 28.09.2015).
20. Государственная компания «Автодор» URL: <http://www.russianhighways.ru/> (дата обращения: 28.09.2015).
21. Щербakov А.Н. Использование информационно-аналитической системы RoadSoft для мониторинга производственной деятельности организаций дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 70–74. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.15.
22. Конкин А.В. Элементы интеллектуальной транспортной системы на территориальных автодорогах Новосибирской области // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 76–80. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.16.
23. Савченко К.А. Опыт создания и внедрения геоинформационных систем на примере ФКУ «Севзапуправтодор» Федерального дорожного агентства // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 81–87. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.17.
24. Пономарёв Е.Г. Компьютеризированная система управления дорогами Архангельской области CARMAN (Computer Aided Road Management System) // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 68–74. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.9.
25. Дмитриенко В.Е., Скворцов А.В. Геопортал автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 42–46. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.9.

Оформи подписку на журнал «САПР и ГИС автомобильных дорог»

- по каталогу Почты России (индекс 54237);
- напрямую в редакции (red@indorsoft.ru).



...и не пропустишь следующий номер.



Персона:
Бойков
Владимир Николаевич

Талантливый человек талантлив во всём

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.21

Персона: Бойков В.Н., профессор МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва),
председатель совета директоров группы компаний «Индор» (г. Томск)

Интервьюировал: Дмитриенко В.Е., коммерческий директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

В качестве персоны этого номера журнала нами был приглашён Бойков Владимир Николаевич. Термин «приглашён» в данном случае является весьма условным, поскольку Владимир Николаевич является основателем группы компаний «Индор» и одним из инициаторов издания журнала «САПР и ГИС автомобильных дорог».

Дата рождения: 9 декабря 1953 г.

Место работы: профессор кафедры «Геодезия и геоинформатика» МАДИ (ГТУ), председатель совета директоров группы компаний «Индор».

Образование: высшее профессиональное, инженер путей сообщения, Томский инженерно-строительный институт.

Учёная степень: доктор технических наук.

Научное признание: академик Российской академии транспорта (РАТ).

— Наш первый вопрос Владимиру Николаевичу весьма традиционный: как Вы пришли в дорожную отрасль?

— Случайно, как и многое другое, что с нами происходит в жизни. Я жил в Прокопьевске (Кузбасс), куда приезжала выездная приёмная комиссия из Томска. Вот так по пути наименьшего сопротивления сдал дома экзамены и поехал учиться в ТИСИ. Хотя по складу мышления я был гуманитарий, но и техническое мне было не чуждо.

— А как сложилась учёба и начало профессиональной деятельности?

— Учился хорошо, но очень много времени уделял спорту (бегал на средние дистанции) и музыке (руководил вокально-инструментальным ансамблем). Расписание у меня было свободное, поскольку то сборы, то гастроли, но честно сдавал все экзамены. На старших курсах уже стал осознавать, что просто учиться — это мало, надо заниматься, как тогда называли, НИРСом — научно-исследовательской работой студентов. Моим первым учителем был Кургановский Владислав Трофимович — человек разносторонних взглядов и увлечений. Мне нравилось с ним работать в первую очередь потому, что он поощрял и мои научные увлечения, и спорт, и музыку. Часто говорил, напиши-ка песню вот на эту тему —

и я писал. Так что инициатором моих песен о профессии можно считать его. Вот фрагмент одной из них:

Будут свиданья и расставанья,
Дальние дали — чужие дома.
Но сокращаю я все расстоянья
Тем, что дорога моя так пряма.

Приведем:

Я шагнул за порог,
Предо мною сто дорог,
А я построю сто первую —
Это дело верное.

Правда, с тех пор мои взгляды несколько изменились. Прямые дороги — опасные. Принципы ландшафтного проектирования гласят, что трасса дороги должна быть с плавно изменяющейся кривизной. К сожалению, в российской практике дорожного проектирования эти принципы практически забыты. Здесь предстоит большая работа, и я намерен в ней участвовать.

— Опять традиционный вопрос: семья, дети?

— С этим мне повезло. С женой Наташей дружил ещё со школы. Она, хотя и младше меня на 2 класса, была солисткой нашего школьного ВИА, чем я очень гордился — кому не хочется стоять с красивой девчонкой на одной сцене? А позже, по окончании колледжа культуры, она стала руководителем хора русской песни ТИСИ, который носил звание народного и был известен далеко за пределами Томска. Я Наташе очень благодарен, что она поощряла мою увлечённость дорожной наукой. Лишь вырастив детей и мужа с его аспирантурами-докторантурами, она пошла в ТГУ и получила высшее образование по культурологии.

Как-то один из наших товарищей, кстати, известный дорожник, который обязательно будет читать это интервью, спросил меня:

«Володя, а в чём твой профессиональный успех?»

Я как-то нудно и традиционно стал отвечать:

«Интуиция, желание и способность много работать...»

Он, сказал:

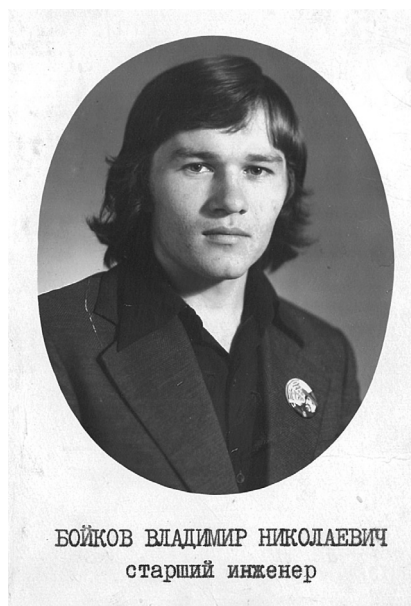
«Главное не в этом, а в том, что Наташа рядом и всегда подставляет тебе своё плечо, а ты и не понимаешь...»

Я с ним согласился. И таких жизненных уроков было много. Позже постараюсь привести другие примеры... А пока ещё о семье. Сын Николай работает также по профессии дорожника, что мне очень помогает. Думаю, что и ему моё присутствие также бывает полезно. Внук Максим твёрдо намерен быть дорожником. У него хорошие художественные способности, и я стараюсь показывать ему недостатки на дорогах и спрашивать: «А как, по-твоему, это можно было бы исправить?» И он на интуитивном уровне пытается найти нужные решения. Вообще, в дорожники, особенно в проектировщики, должны идти люди с архитектурно-художественным мышлением, поскольку проектируемая дорога должна не только выполнять утилитарные функции, но и быть украшением окружающего ландшафта. Но вот, кажется, я повторил ещё один принцип ландшафтного проектирования... Дочь Варя, как и мама, больше в творчестве, но всегда интересуется моими делами, перечи-

тывает мои статьи, высказывает своё мнение, которое бывает очень точным — свежий взгляд со стороны.

— **И снова короткий вопрос: как угодили в дорожную науку?**

— После института я остался преподавателем на кафедре «Автомобильные дороги» ТИСИ. И это скорее было



БОЙКОВ ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ
старший инженер

не исполнением «мечтов», а способом существования, чтобы продолжать играть в ансамбле, писать музыку, гастролить. Раз в год наш проректор по науке, Ляхович Леонид Семёнович, которому я очень благодарен за неизменную поддержку и веру в меня, с юмором спрашивал:

«Тебе заказывать место в аспирантуре или в консерватории?»

На что я отвечал:

«Спасибо, придёт время — сам определюсь.»

По истечении 4 лет работы в институте я понял — надо выбирать. Написал реферат на вышеупомянутую тему ландшафтного проектирования дорог и отправил его в МАДИ проректору по науке Бабкову В.Ф. Валерий Фёдорович ответил мне письмом примерно такого содержания: «Мысли сырые, но рассуждаешь нестандартно, приезжай поступать в аспирантуру». Я приехал, сдал вступительные экзамены, он меня вызвал к себе — это был 1980 год:

«Володя, я беру тебя к себе и предлагаю заняться автоматизацией проектирования дорог.»

Я был удивлен, ведь я не знал ни программирования, ни методов автоматизации. Он сказал:

«Приходит время компьютеров, и надо ему соответствовать. Так что начнём вместе с азов, а профессор Федотов Г.А. нам поможет.»

Я удивляюсь, как далеко Бабков В.Ф. мог заглянуть вперёд, но в этом и ценность учёного. Аспирантура у меня была заочная, так что по возвращении на кафедру ТИСИ я получил от старших товарищей оценку ситуации примерно такую:

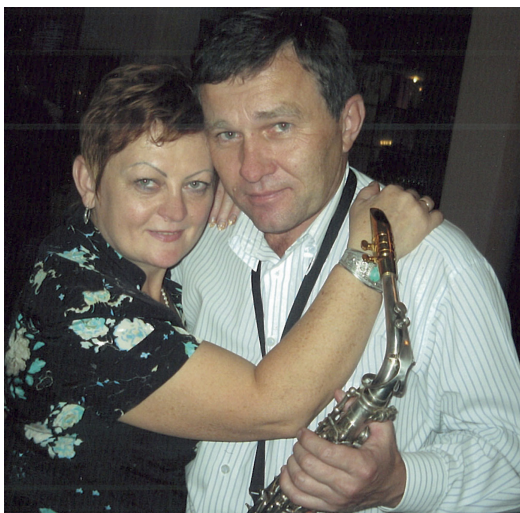
«Пока придёт время твоих компьютеров, мы успеем уйти на пенсию, так что не пудри нам мозги.»

Могу сказать — не успели... Валерий Фёдорович преподавал мне много уроков, которыми я дорожу и сверяюсь по ним, идя по жизни. Вот один из них. Я жёстко дискутировал с одним из учё-

НАУЧНАЯ И ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В.Н. Бойков является одним из ведущих специалистов России в области автоматизации проектирования автомобильных дорог. Разработанные им теоретические положения основ автоматизированного проектирования были реализованы в САПР автомобильных дорог IndorCAD/Road, которая в настоящее время является одной из ведущих САПР в России и странах СНГ. Также им, совместно с профессором Скворцовым А.В., разработаны основы применения геоинформационных систем (ГИС) в жизненном цикле автомобильных дорог, что способствовало развёртыванию ГИС на сети федеральных дорог РФ. В.Н. Бойков является автором и соавтором более 100 научных работ, в том числе 6 монографий (в том числе соавтор Справочной энциклопедии дорожника (СЭД), том 5 и том 6) и 3 учебных пособий [1–4].

Как педагог В.Н. Бойков читал лекционные курсы: «Проектирование автомобильных дорог», «Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог», «Геоинформационные системы в транспортном строительстве», «Введение в специальность», руководил практическими и лабораторными занятиями, активно участвовал в организации и проведении курсов повышения квалификации инженеров дорожного хозяйства, в том числе и за рубежом (Непал, 1996 г., Монголия, 2010 г.).



Владимир Николаевич с супругой и саксофоном

ных на тему количественных критериев плавности и ясности дорог. И как-то в запале дискуссии я сказал, что критерии, которые я разработал, учитывают больше факторов, чем предлагает старший товарищ. На что Бабков В.Ф. спросил меня:

«А что, тобою впервые введено понятие этих критериев?»

Я ответил:

«Нет, им.»

«Вот, дружок, не забывай, на чьих плечах стоишь и далеко глядишь.»

С тех пор я стараюсь не забывать, осознавать и отдавать должное всем предшественникам.

Потом была очная докторантура МАДИ опять же по приглашению Бабкова В.Ф. Так что я считаю МАДИ своей альма-матер, и спустя много лет я вернулся сюда в качестве профессора и стараюсь молодому поколению передавать то, что я получил здесь сам.

— **Владимир Николаевич, несколько слов о группе компаний «Индор».**

— В 1992 году начальник «Томскавтодора» Урманов И.А. вызвал меня как специалиста по проектированию дорог и предложил: «Наступают другие времена, проектную деятельность надо организовывать на частной основе, так что договаривайтесь со специалистами проектной конторы и организовывайте новое дело». Так родился Инженерный дорожный центр «Индор», позже он расширился в группу компаний, но суть осталась та же: инженерное дело или, как сейчас принято говорить, инжиниринг.

Рад, что в группе компаний «Индор» работаю с интересными, профессионально одержимыми людьми, от которых заражаюсь оптимизмом, хотя, надеюсь, и сам иногда им внушаю оптимизм и веру в то, что мы на правильном пути и делаем для общества полезные вещи. Назову

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ И ОБЩЕСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В.Н. Бойков руководил разработкой Обоснования инвестиций «Северного широтного коридора» (1999 г.), а также являлся научным руководителем подготовки Программ развития автомобильных дорог Новосибирской и Томской областей (2002–2004 гг.). Под его руководством выполнено большое количество проектов строительства и реконструкции дорог в Томской, Кемеровской, Новосибирской областях, Красноярском и Алтайском краях, республиках Хакасия и Алтай. С 2004 г. В.Н. Бойков является председателем совета директоров группы компаний «Индор», которая вносит значительный вклад в развитие дорожной сети Томской области и Западной Сибири.

В.Н. Бойков активно участвует в российских и международных научно-практических конференциях, в том числе выступал докладчиком от РФ (содокладчик — И.А. Урманов) на Всемирном дорожном конгрессе «IRF» (Канада, Торонто, 1997 г.). Являлся членом научно-технического совета (НТС) в сфере строительства, жилищно-коммунального хозяйства и дорожного комплекса Томской области (2010–2012 гг.), членом докторского диссертационного совета СГУПС (2009–2012 гг.). В настоящее время В.Н. Бойков является членом НТС Федерального дорожного агентства и членом НТС Государственной компании «Автодор» (руководитель секции «Интеллектуальные транспортные системы и комплексы»).



На всемирном дорожном конгрессе в Торонто, 1997 г.

лишь некоторых из них: Скворцов А.В., Елутачёв П.А., Сарычев Д.С., Бойков Н.В., Петренко Д.А., Субботин С.А., Романескул М.А...

— **Владимир Николаевич, Вы являетесь членом научно-технических советов (НТС) Федерального дорожного агентства и Государственной компании «Автодор» и отвечаете там за вопросы информационных технологий и интеллектуальных транспортных**



«Профессионально одержимые люди» из Индор'а

ных систем (ИТ и ИТС). Каково состояние дел в отрасли по вопросам ИТ и ИТС?

— Что касается ИТ. Почему-то вспоминаются слова М. Жванецкого:

«Наша фабрика выпускает столько обуви, что её хватило бы на Бельгию,

Голландию, Данию вместе взятые, если бы те согласились её носить.»

Так вот, у нас столько компьютеров на рабочих местах, что, казалось бы, достигнут верх автоматизации производства. Но на самом деле КПД от их присутствия на крайне низком

уровне. На бытовом уровне у нас компьютер зачастую более полезен, чем на рабочем месте. Требуется значительная работа по техническому регулированию, по разработке программного специализированного обеспечения, по образовательной деятельности в сфере ИТ с тем, чтобы ИТ стали реально существенным фактором в прогрессе дорожной деятельности.

Что касается ИТС. Да, интеллектуальные транспортные системы могут существенно повышать уровень безопасности движения, пропускную способность дорог, создавать более комфортные условия для пользователей дорог. Это доказано эксплуатацией ИТС во многих странах на протяжении многих лет: Японии, Канаде, США, Южной Корее, Германии и др. Мы пока что в самом начале пути. Наиболее востребованы элементы ИТС на автомагистралях с большой нагрузкой. Не зря вопросами ИТС занимаются в первую очередь в Государственной компании «Автодор». Что касается региональных дорог, то здесь не до конца решён вопрос проезжаемости (технического состояния) дорог, какая уж там ИТС?

— В отрасли стали часто говорить об информационном моделировании дорог (BIM). В этом году вы давали интервью журналу «Автомобильные дороги» на эту тему. Как Вы на сегодня оцениваете положение дел в сфере BIM?

— Начнем с того, что BIM — это информационное моделирование зданий. И здесь мировое сообщество наработало хорошую методологию, которая позволяет говорить о внедрении BIM на государственном уровне.

Что касается информационного моделирования дорог (ИМД), которое на международном сленге принято называть BIM for infrastructure, то здесь всё только начинается, и мы не только внимательно следим за этим процессом, но и всячески его развиваем у себя. Не хотелось бы только, чтобы это было очередной компанией из конъюнктурных соображений. Действительно, следующие шаги развития автоматизированного проектирования дорог связаны именно с информационным моделированием, и мы эти шаги делаем и будем делать.

НАГРАЖДЁН МЕДАЛЯМИ

- Юбилейная медаль «400 лет городу Томску», 2004 г.
- Медаль «За заслуги перед Томским государственным архитектурно-строительным университетом», 2005 г.
- Памятный знак «В честь 60-летия победы в Великой отечественной войне 1941–1945 гг.», 2005 г.
- Юбилейная медаль «100 лет профсоюзам России», 2005 г.
- Почётная грамота Росавтодора «За заслуги в развитии дорожной отрасли России», 2004 г.
- Благодарность губернатора Томской области, 1999 г.
- Благодарность губернатора Томской области и мэра г. Томска, 2004 г.



*С будущим первым проректором
МАДИ Поспеловым П.И.*



С гитарой по жизни



*С автором крылатой фразы «Борис, ты не прав»,
Лигачёвым Е.К.*



Томские дорожники

Я думаю, что разговор на эту тему мы ещё продолжим...

— **Владимир Николаевич, каковы планы на ближайшее будущее?**

— Очень простые. Быть полезным в профессии, поддерживать конструктивные отношения в группе компаний «Индор», продолжить обучение студентов, написать для них ещё ряд книг и учебников вместе с коллегами по профессии, сохранить тепло семейного очага и быть здоровым, чего желаю и всем читателям! 📖

Литература:

1. Бойков В.Н., Поспелов П.И., Федотов Г.А.
Автоматизированное проектирование автомобильных дорог: учебник для студ. учреждений высш. образования / Под ред. В.Н. Бойкова. М.: Издательский центр «Академия», 2015. 256 с.
2. Скворцов А.В., Поспелов П.И., Бойков В.Н., Крысин С.П.
Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. VI. М.: ФГУП «Информавтодор», 2006. 372 с.
3. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И.
Автоматизированное проектирование автомобильных дорог на примере IndorCAD/Road. М.: МАДИ(ГТУ), 2005. 224 с.
4. Бойков В.Н., Шумилов Б.М. Сплайны в трассировании автомобильных дорог. Томск: Томский ЦНТИ, 2001. 164 с.



История дорожной разметки

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.22

Кузнецова А.П., начальник отдела продаж ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Приводятся факты из истории появления горизонтальной разметки в разных странах мира. Рассказывается о первых опытах нанесения продольной разметки и экспериментах по оформлению дорожной разметкой пешеходного перехода. Отдельно рассматривается вопрос выбора цвета дорожной разметки в разных странах. Дается краткий обзор современных тенденций развития дорожной разметки.

С первых лет автомобилизации самыми частыми видами дорожно-транспортных происшествий были наезды на пешеходов и столкновения. Даже когда скорость автомобилей не превышала 70 км/ч, необходимость в дорожной разметке была очевидной. Поэтому, как только на дорожном покрытии стало возможным рисовать, на дорогах появились спасительные линии. В числе первых — линии для разделения полос встречного движения, стоп-линии для обозначения перекрестков и пешеходных переходов. Спасаящая жизни дорожная разметка своим появлением и развитием во многом обязана борцам за безопасность движения и имеет интереснейшую историю.

Разделительная линия

Один американец в начале XX века решил запатентовать свою идею нанесения центральной линии на дорогу для разделения встречных транспортных потоков. В присвоении авторства ему отказали со словами, что идея до-

рожной разметки стара как мир и не раз уже была реализована, например, при строительстве древних дорог Европы и Америки. Действительно, выложенные по центру дорог светлым камнем линии разграничивали полосы встречного движения на улицах древних городов Греции и Рима. Центральная линия, выложенная известняковым камнем, сохранилась и на дорогах, построенных ацтеками в начале XVII века (рис. 1). На территории древнего Мехико и сегодня можно найти образцы такой разметки [1].

И всё-таки, историю разделительной линии лучше начинать с появления асфальтобетонных автомобильных дорог. Одно из первых предложений по нанесению такой разметки озвучил Эдвард Н. Хайнс — член дорожной комиссии Уэйн Каунти в США в штате Мичиган. В 1911 году он ехал по довольно узкой для двухстороннего движения дороге и сильно опасался встречных автомобилей. Когда перед ним оказался молоковоз с подтекающим содержимым, у него родилась

идея. Пролитая струйка белого молока на тёмном асфальте надоумила Хайнса использовать дорожную разметку для разделения встречных потоков машин.

В 1917 году в другом штате — Орегон — офицер движения Питер Рексфорд, чтобы сделать движение более безопасным, также предложил нанести разделительную линию. Он говорил о жёлтой линии. Местные власти финансировать идею отказались. Тогда, заручившись поддержкой шерифа, он сделал это за свой счёт.

В ряду первых инициатив нанесения разметки на дорогу есть ещё более примечательная история. В Калифорнии в городе Индио в том же 1917 году медсестра Джун МакКэрролл на своём автомобиле спешила к больному. По дороге она чуть было не попала под грузовик, несущийся по встречному направлению. Чудом увернувшись и съехав на обочину, Джун кое-как пришла в себя. Происшествие подтолкнуло её к мысли пометить дорогу, отделив встречное движение. Медсестра обратилась

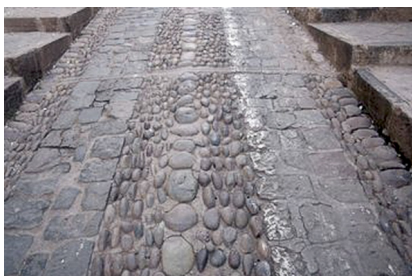


Рис. 1. Разделительная линия на каменной дороге инков, г. Куско, Перу, XVI в.



Рис. 2. Медсестра Дж. МакКэрролл рисует первую разделительную линию в Калифорнии, 1917 год (нарукавный шеврон)

к местным властям, они похвалили её за хорошую идею и отпустили с миром, так ничего и не предприняв. Тогда Джун взяла краску и кисти, опустилась на четвереньки и собственноручно нарисовала белую четырёхдюймовую (10 см) линию длиной в две мили по центру дороги, проходящей мимо её дома (рис. 2). На этом энергичная медсестра не успокоилась. Джун писала письма во все инстанции, выступала в различных общественных клубах. В конце концов её голос был услышан, и в 1924 году местным законодательным собранием был принят указ, предписывающий Дорожной комиссии наносить дорожную разметку [2].

Вслед за США дорожную разметку стали наносить на европейских дорогах. В Советском Союзе она появилась в 1933 году, вскоре после того, как булыжные мостовые Москвы покрылись асфальтом.

Нанесение первой дорожной разметки (рис. 3) было настоящим событием, о котором сообщалось в газетах: «5 октября 1935 года широкая автотрасса Сочи-Мацеста разделена

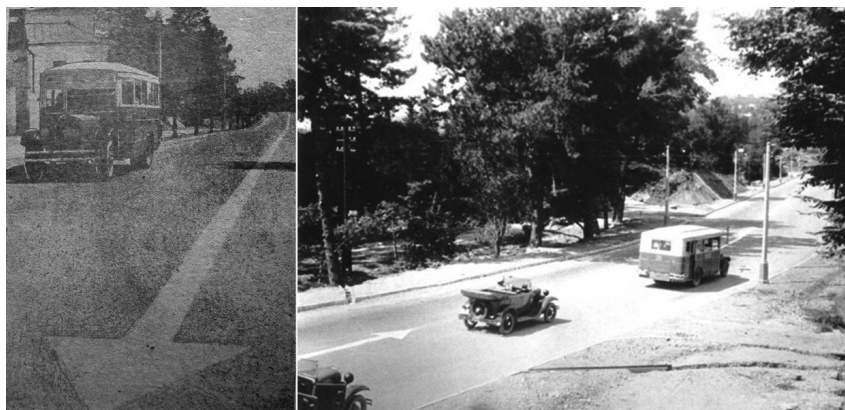


Рис. 3. Первая разделительная линия на автотрассе Сочи — Мацеста, 1935 год

белой разграничительной полосой на 2 части: правую и левую. Стрела указывает участок, где разрешён поворот автомашины с одной стороны на другую», — писали в «Сочинской правде».

Асфальтированная автомагистраль Сочи — Мацеста — Гагра, позднее переименованная в Сталинский проспект, а затем в Курортный проспект, была построена в 1934 году. Её строительство велось с учётом мирового опыта и применением передовых технологий того времени.

Известна история, как в 1934 году шофёр Союзтранса Гуськов пересёк белую линию автотрассы Сочи — Мацеста, а дорожную стрелку потом стал стирать. За нарушение правил он был арестован на 15 суток с лишением права езды на автомашинах в Сочинском районе. В связи с этим уполномоченный ВЦИК по делам курорта А.Д. Метелёв начал поиск нового рецепта краски для дорожной разметки. Вот телеграмма, отправленная 21 октября 1935 года:

«Америка, Нью-Йорк, Амторг, т.Боеву.

Уважаемый Иван Васильевич!

Пользуюсь случаем прошить тебя прислать ещё рекламный материал американских курортов и особенно хотелось бы иметь фотографии калифорнийских дорог и, если возможно, рецепт покраски дорожной белой полосы по асфальтобетону... Дружеский привет. Уважающий тебя А. Метелёв».

Пешеходный переход

Идея пешеходного перехода тоже своими корнями уходит в глубь веков.

До наших дней хорошо сохранились пешеходные переходы древнеримских дорог. Три прямоугольных камня удивительно похожи на современную «зебру» (рис. 4). Но функционально они не только должны были обезопасить переход, заставляя возниц сбросить скорость. Главное их предназначение было в том, чтобы пешеход мог перейти дорогу, не запачкав ног, — в Древней Греции и Древнем Риме дороги также служили стоком для городских отходов.

С появлением поездов и автомобилей места, предназначенные для перехода дороги пешеходами, обозначались сначала щитами, затем дорожными знаками. Дорожная разметка на пешеходном переходе появилась сначала в виде металлических кружков. Она хорошо была видна пешеходам, вселяя в них уверенность в безопасности. И абсолютно не замечалась водителями, что часто приводило к трагическим происшествиям.

В 1948 году в Великобритании стартовал эксперимент по выявлению самой действенной разметки пешеходного перехода. Анализировалось около тысячи вариантов. В результате пришли к выводу, что чередующиеся черных и белых полос вызывает наибольший резонанс у человеческого глаза. Лабораторию посетил член парламента, а позже — премьер-министр Л.Д. Каллаган. Говорят, именно он подметил, что такой вариант разметки похож на зебру, приписывая ему авторство названия нового пешеходного перехода — the zebra crossing.

31 октября 1951 года чёрно-белую разметку нанесли на пешеходные переходы в английском городке Слау (англ. Slough), что вскоре привело



Рис. 4. Пешеходные переходы на дорогах Древнего Рима

к существенному уменьшению числа наездов на пешеходов. В Германии так оценили новую разметку, что стали отмечать день её рождения.

Но зебра была не единственным животным в британских экспериментах по дорожной безопасности. В пятидесятых годах прошлого столетия шли серьёзные дебаты о том, чтобы заменить «зебру» «пандой». The panda crossing — разметка в виде чёрно-белых треугольников, подкреплённая световой системой пропуска (рис. 5). Мигающие и сменяющие друг друга янтарные, красные и зелёные огни регулировали очерёдность движения пешеходов и автомобилей. Такие пешеходные переходы устанавливали с 1962 по 1967 год. Система не прижилась, оказавшись слишком сложной для понимания. В 1969 году «панду» заменили «пеликаном» (от англ. PEdestrian Light CONtrolled Crossing): чтобы перейти дорогу, пешеход сам

должен был включить светофор. У «пеликана» была разновидность — «пегас» — пешеходный переход для тех, кто на коне: кнопка включения светофора находилась на уровне руки всадника.

Британские эксперименты привлекли всеобщее внимание. В 1968 году эту разметку внесли в Венскую конвенцию о дорожных знаках и сигналах: «Для обозначения пешеходных переходов предпочтительно наносить довольно широкие полосы, параллельные оси проезжей части дороги».

Мировой славе «зебры» поспособствовала и группа The Beatles. 8 августа 1969 года в Лондоне на новеньком пешеходном переходе через дорогу Эбби-Роуд, ведущем в одноимённую звукозаписывающую студию компании ЕМІ, снялась четвёрка The Beatles для своей последней совместной работы — пластинки Abbey Road (рис. 6). Этот пешеходный переход получил

статус исторического памятника, а «зебра» распространилась по городам всего мира.

Эксперименты по улучшению разметки пешеходного перехода продолжают. В 1990-е годы был запущен пешеходный переход «тукан» (от англ. two can cross) — для пешеходов и велосипедистов. На нём дорожная разметка была оборудована датчиками обнаружения пешеходов, контролирующими светофоры.

Самый современный вид пешеходного перехода, широко внедряемый в Англии с 2003 года — «буревестник» (англ. puffin). Электронные датчики обнаруживают пешехода перед переходом, включают для него зелёный, а для машин — красный свет, отслеживают его присутствие на перекрёстке и, после преодоления им дороги, меняют цвет светофора. Это позволяет рационально использовать



Рис. 5. Пешеходный переход «панда» рассматривали как альтернативу «зебре». Великобритания, 1960-е годы



Рис. 6. Не исключено, что своей мировой славе «зебра» обязана группе The Beatles



Рис. 8. Реализованный студенческий проект «3D-зебры» в Ташкенте



Рис. 7. Нестандартная разметка пешеходного перехода в разных городах мира

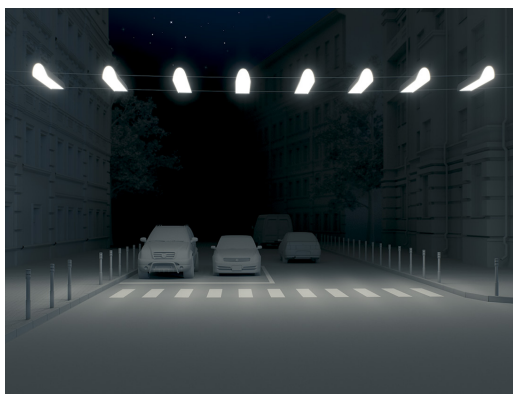


Рис. 9. «Воздушная зебра» — концепт студии Лебедева

переход: когда на нём никого нет, водителям горит зелёный.

В Советском Союзе пешеходный переход «зебра» появился в середине 60-х годов XX века. В 2013 году в России для обозначения пешеходных переходов в местах с повышенной аварийной ситуацией введена дорожка красно-белого цвета.

Современные эксперименты по выделению пешеходного перехода продолжают. В разных городах мира можно увидеть бросающуюся в глаза нестандартную разметку (рис. 7, 8). Активно ведутся поиски наилучшего освещения перехода. Свой концепт «Воздушная зебра» (рис. 9) несколько лет назад предложила студия Артемия Лебедева. В соответствии с проектом над «зеброй» протягивается система фонарей, по форме дублирующих разметку, которые ярко освещают

переход и пешехода. Причём даже когда сама «зебра» не видна из-за снега или грязи, её верхний «дублёр» продолжает работать.

Проект спорный, его есть за что критиковать. Тем не менее, сторонников реализации проекта тоже достаточно.

В любом случае, достаточно освещения или нет, разметка «пешеходный переход», не подкреплённая знаками и светофорами, представляет собой опасность, создавая у пешехода иллюзию безопасности.

Цвет дорожной разметки

Решающий критерий для выбора цвета разметки — его контрастность по отношению к цвету дорожного покрытия. В 1930-х годах в Германии для нанесения разметки использовали даже чёрную краску, так как бетонное покрытие автобанов было светлым. В основном же использовались жёлтый и белый, как наиболее контрастные серому и чёрному цвету покрытия (рис. 10).

Долгое время в США для нанесения разделительной линии использовали как жёлтый, так и белый цвета. Ещё в 1948 году в официальных рекомендациях эти два цвета фигурировали на равных. Жёлтая краска широко применялась для предупреждающих знаков, и её привычно было видеть на американских дорогах. Белая же кра-



Рис. 10. Филиппины. Трасса Магаланг— Пампада



Рис. 11. Во многих странах пешеходные переходы жёлтые. Швейцария



Рис. 12. Китайский пешеходный переход «тигр»



Рис. 13. Цветной пешеходный переход в Италии. Использованы разница в высоте дороги, термопластик и объёмные маркеры — «точки Боттса»

ска — более контрастна ночью и не такая вредная для дорожных строителей, как жёлтая, в большом количестве содержащая хромат свинца. Споры продолжались до 1961 года, когда пересмотрели используемые варианты и установили единообразие, отдав предпочтение жёлтому цвету.

С 1971 года на всех дорогах США жёлтая линия отделяет полосы движения транспорта, движущегося в противоположных направлениях. Белая линия разделяет транспортные потоки в одном направлении. Одиночная жёлтая полоса может также отмечать левую кромку дорожного покрытия на разделённых автострадах или дорогах с односторонним движением. Белой линией также обозначают край обочины [3].

Венская конвенция также сначала рекомендовала к использованию оба цвета на равных. Но в 1973 году в Женевском протоколе предпочтение отдали белому цвету. СССР подписал Конвенцию «О дорожных знаках и сигналах» 29 апреля 1974 года с датой вступления в силу 6 июня 1978 года.

В России разделительная линия имеет белый цвет. Жёлтая дорожная разметка обозначает места, где запрещены остановка и/или стоянка, зигзагообразная жёлтая линия, наоборот, показывает место, где остановка возможна для общественного транспорта.

Пешеходные переходы окрашивают чаще в белый цвет, хотя в некоторых странах встречаются «зебры» жёлтого цвета (рис. 11), поэтому в Китае их часто называют «тиграми» (англ. tiger-

crosswalking) (рис. 12). В последнее время во многих странах для большей видимости стали использовать фон — красный или жёлтый (рис. 13).

Современные тенденции

Дорожная разметка продолжает развиваться: вводятся новые виды, цвета, продолжают эксперименты по материалам и технологиям её нанесения.

В апреле 2015 года приняты поправки к ПДД, в числе которых узаконены диагональные пешеходные переходы (рис. 14). Благодаря им, пешеходам не надо два раза ожидать зелёного сигнала светофора, чтобы поочерёдно перейти две проезжие части. По инициативе общественного движения Probok.net зарубежный опыт диагональных пешеходных переходов



Рис. 14. Диагональный перекрёсток. Москва, 2015 г.



Рис. 16. Разметка перекрёстка в Гонконге, Kowloon

опробовали на нескольких московских перекрёстках, где были замечены «народные маршруты» наискосок. Полосатая диагональ оказалась полезной, что и было утверждено на законодательном уровне.

Сейчас продвигается идея «вафельницы». Разметка представляет собой сетку из пересекающихся линий белого, ярко-жёлтого или оранжевого цвета (рис. 15); её задача — проинформировать о том, что перекрёсток является загруженным и «пробкоопасным». Если водитель не уверен, что может преодолеть «вафельный» участок без остановки, выезжать за стоп-линию не следует — необходимо подождать, пока впе-

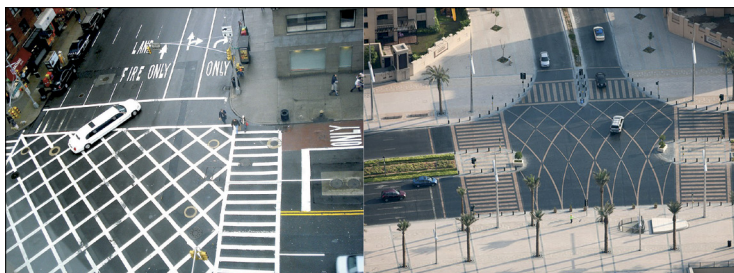


Рис. 15. Дорожная разметка перекрёстков в Нью-Йорке, США и Абу-Даби, ОАЭ

ди идущая машина полностью не проедет перекрёсток. Таким образом, «вафельница» призвана решить проблему «самозапирающихся» из-за несогласованности потоков улиц. Эта разметка давно используется в Японии, Китае и других странах (рис. 16).

В США недавно ввели новую разметку, опробованную в Великобритании и Австралии: за 150 метров до опасного перекрёстка или пешеходного перехода на дороге наносится белая линия в виде молнии. Увидев «сумасшедшую» разметку на середине дороги, водители автоматически начинают торможение. Эта разметка применяется на высокоаварийных участках для привлечения внимания и ни к чему не обязывает.

В некоторых странах используют зелёную и красную краску для выделения полос для общественного транспорта, велосипедов, электромобилей (рис. 17–19). В США по выделенной полосе для общественного транспорта могут двигаться автомобили, перевозящие более чем одного пассажира.

В феврале 2013 года расширен цветовой ряд российской дорожной разметки: синий цвет — для линий, обозначающих места платной парковки.

В Нидерландах в 2012 году запущен экспериментальный проект Smart highway, в рамках которого идёт апробация сразу нескольких инновационных технологий «умных дорог». На шоссе N329, примерно в 100 км на юго-восток от Амстердама, дорожная разметка нанесена флуоресцентными красками. Днём такая разметка заряжается от солнца и светится в течение 10 ча-



Рис. 17. Цветной асфальт для выделения полос а) в Люцерне, Швейцария и б) в Сан-Франциско, США




Рис. 18. Выделение опасных участков в Японии и Сингапуре



Рис. 19. Зелёные велополосы в Нью-Йорке и Сан-Диего, США

сов в темноте, обеспечивая ночное освещение.

Там же термокраской нанесена динамическая дорожная разметка, реагирующая на внешние условия. Так, если на улице становится очень холодно (ниже 3°), то невидимые в обычном состоянии снежинки становятся видны, предупреждая о гололедице (рис. 20).

В 2012 году этот проект получил премию Dutch Design Awards, и некоторые его решения уже нашли практическое применение в дорожном строительстве. 

Литература:

1. Hawkins H.G. Evolution of the U.S. Pavement Marking System. Division Head Texas Transportation Institute College Station, 2000. 62 p.
2. Harris G.G., Cohen H.S. Women Trailblazers of California: Pioneers to the Present. The History Press, 2012. 192 p.
3. Hawkins H.G., Parham A.H., Womack K.N. Feasibility Study for an All-White Pavement Marking System. Washington D.C., 2002. 130 p.
4. Протокол о разметке дорог к Европейскому соглашению, дополняющему Конвенцию о дорожных знаках и сигналах, открытую для подписания в Вене 8 ноября 1968 г.

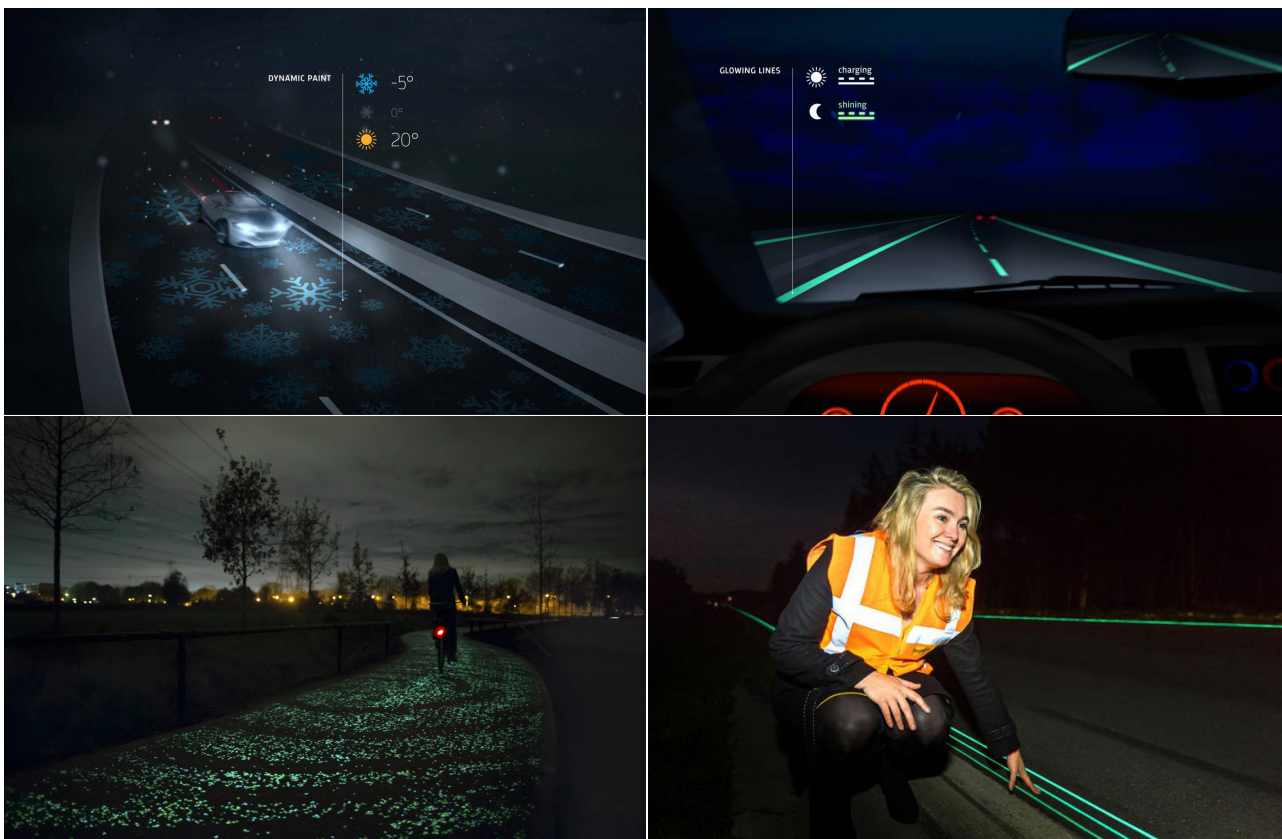
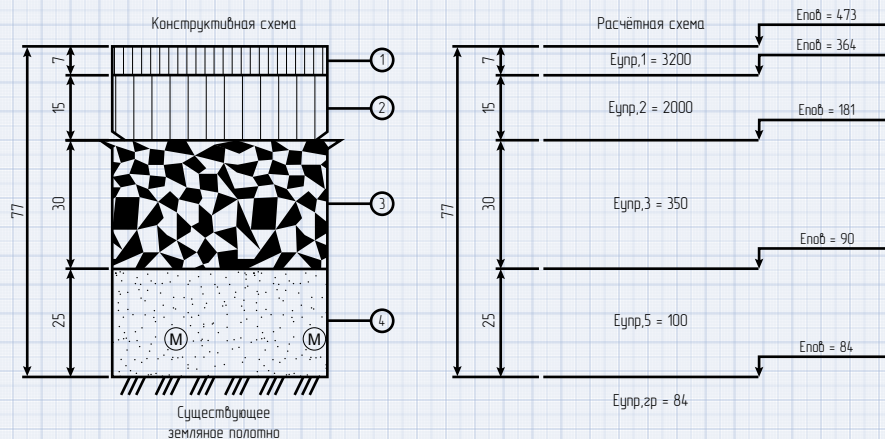


Рис. 20. Динамическая дорожная разметка в концепции Smart highway



Набираем группы для проведения учений по правильному использованию системы расчёта дорожных одежд IndorPavement Expert

Расчёт дорожных одежд без страха и сомнений

В этом году компания «ИндорСофт» открывает новый очный курс обучения по проектированию дорожных одежд в программе IndorPavement. Трёхдневный курс включает в себя теоретическую и практическую части и не только поможет инженерам освежить в памяти свои знания, но и познакомит их с современным инструментарием для расчёта дорожных одежд.

Приглашаем на курсы инженеров: новичков, желающих получить дополнительные знания и стать первоклассными специалистами, а также настоящих профессионалов своего дела, стремящихся разобраться в тонкостях существующих методик и новых функциональных возможностях программного обеспечения. Если вы не имеете опыта проектирования дорожных одежд, но всё же хотите принять участие в обучении, то и это возможно! Подготовиться к обучению поможет бесплатный дистанционный курс по системе IndorPavement.

По окончании обучения каждый слушатель очного курса научится конструировать и рассчитывать как нежёсткие, так и жёсткие дорожные одежды, освоит работу с инструментами оптимизации, ознакомится с типовыми альбомами конструкций дорожных одежд, библиотекой материалов и много другое. В качестве приятного бонуса каждый слушатель получит именной сертификат, удостоверяющий успешное окончание курса обучения от компании «ИндорСофт».

Программа обучения:

- Вводное занятие (виды конструкций, критерии расчёта, интерфейс программы).
- Расчёт нежёсткой дорожной одежды на прочность (в том числе с учётом геосинтетических материалов).
- Расчёт нежёсткой дорожной одежды на морозоустойчивость.
- Расчёт толщины дренажного слоя.
- Расчёт жёсткой дорожной одежды.
- Усиление конструкций дорожных одежд.
- Библиотека материалов.
- Альбом типовых решений.
- Оптимизация конструкций и технико-экономический анализ вариантов.
- Формирование отчётной документации.

Предлагаем выбрать ближайший для вас город:

- Томск
- Новосибирск
- Москва
- Санкт-Петербург
- Казань
- Краснодар
- Астана

или вы можете сами собрать группу в своём городе.

+7 3822 650-450



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