

САПР и ГИС

автомобильных дорог

№ 1(12), 2019



Информационное моделирование:
от идеи до реализации
стр. 16



ISSN / Код H96 2310-4376

Курсы повышения квалификации по IndorCAD

Компания «ИндорСофт» совместно с Институтом непрерывного образования Томского государственного архитектурно-строительного университета (ИНО-ТГАСУ) проводят курсы повышения квалификации для специалистов по темам:

- Информационное моделирование (BIM-технологии) при проектировании автомобильных дорог с использованием IndorCAD/Road;
- Автоматизированные изыскания и проектирование автомобильных дорог с использованием IndorCAD/Road;
- Практическое применение ГИС IndorRoad в органах управления дорожным хозяйством.

 **ИндорСофт**

облака точек

IFC-и OBJ
объекты

BIM

???



Занятия ведут преподаватели «ИндорСофт». Курсы разделены на две части: дистанционная через интернет и очная с преподавателями. Общая продолжительность — 72 часа. По окончании курсов слушатели могут получить удостоверения о повышении квалификации.

Узнать подробности или записаться на курсы можно по телефонам **+7 (3822) 650-450** или **8 800 333-08-05** и электронной почте **support@indorsoft.ru**





От главного редактора

Широкое внедрение технологии информационного моделирования в России стартовало пять лет назад, когда на заседании Президиума совета при Президенте РФ по модернизации и инновационному развитию экономики, посвящённом строительству, тема внедрения BIM впервые была обозначена как одна из целей инновационного развития строительной отрасли на государственном уровне. По итогам совета Правительству было дано поручение «...разработать и утвердить план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в промышленном и гражданском строительстве...».

К настоящему времени уже достигнуты большие успехи в применении BIM в строительстве зданий и промышленных сооружений: разработана отечественная нормативная база, разработано программное обеспечение, заказчики научились взаимодействовать с подрядчиками в новой методологии, выполнено и проанализировано множество проектов. Но всё это произошло благодаря изначальной ориентации BIM на здания. Главный же современный вызов — создание «BIM для инфраструктуры» — InfraBIM для автомобильных и железных дорог, мостов, тоннелей, аэропортов, морских портов, инженерных сетей и даже более глобально — «BIM для городов». В условиях неустоявшейся терминологии последнее направление развития BIM можно встретить под терминами CityBIM, SmartCity или CIM (City Information Modeling).

Первая статья этого номера рассказывает о концепции InfraBIM и конкретной её реализации для автомобильных дорог, а также её перспективах в России.

Одновременно с разработкой нормативно-технической базы в сфере BIM многие проектные организации в России уже выполняют свои пилотные проекты по внедрению технологий информационного моделирования в проекти-

рование автомобильных дорог. В секции BIM представлена статья, в которой рассматривается опыт организации АО «Ленпромтранспроект» по реализации подобного проекта для улично-дорожной сети территории Рублёво-Архангельское.

Секция САПР этого номера рассказывает об опыте практического применения ведущих программных продуктов компании «ИндорСофт»: системы расчёта дорожных одежд IndorPavement в ООО «Автодорпроект «Трасса» и системы проектирования организации дорожного движения IndorTrafficPlan в управлении автомобильных дорог Томской области (ОГКУ «Томскавтодор»).

В секции ГИС рассказывается об истории создания и запуска в эксплуатацию геопортала автомобильных дорог ГК «Автодор». Отдельного внимания заслуживает статья, описывающая результаты эксперимента по применению БПЛА в целях получения цифровых моделей искусственных дорожных сооружений, проведённого сотрудниками ООО «Индор-Центр» совместно с кафедрой геодезии и геоинформатики и дорожно-строительного факультета Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ).

Персона номера — Фортуна Юрий Алексеевич, инженер-дорожник, преподаватель, эксперт. Также вашему вниманию предлагается статья-экскурс в историю развития тоннелестроения с примерами рекордсменов своего времени среди горных, подводных и городских тоннелей.

От лица редакции журнала желаю вам интересного чтения. Если статьи журнала вызывают вопросы или у вас есть знания и опыт, которыми нужно поделиться, пишите к нам в редакцию, будем рады ответить.

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**

Свободная цена

Тираж — 1 000 экз. Формат 210×297

КООРДИНАТОР ПРОЕКТА

Бойков Владимир Николаевич, д.т.н.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Скворцов Алексей Владимирович, д.т.н., проф.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Алексиков Сергей Васильевич, д.т.н., проф.

Бойков Владимир Николаевич, д.т.н.

Бокарев Сергей Александрович, д.т.н., проф.

Васильев Юрий Эммануилович, д.т.н., проф.

Величко Геннадий Викторович, к.т.н.

Евтюков Сергей Аркадьевич, д.т.н., проф.

Жанказиев Султан Владимирович, д.т.н., проф.

Кулижников Александр Михайлович, д.т.н., проф.

Миронюк Виталий Петрович, д.э.н.

Овчинников Максим Алексеевич, к.т.н.

Петренко Денис Александрович

Сарычев Дмитрий Сергеевич, к.т.н.

Скворцов Алексей Владимирович, д.т.н., проф.

Субботин Сергей Аркадьевич

Трофименко Юрий Васильевич, д.т.н., проф.

Углова Евгения Владимировна, д.т.н., проф.

Чистяков Игорь Владимирович, д.т.н., проф.

ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР

Дмитриенко Виктор Евгеньевич

КОРРЕКТОРЫ

Снежко Ирина Викторовна

Балбоненко Анна Сергеевна

Вировец Софья Владимировна

ДИЗАЙН И ВЁРСТКА

Патов Евгений Валерьевич

ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ

Кузнецова Анна Петровна

BIM

- 4** InfraBIM для автомобильных дорог
Бойков В.Н., Скворцов А.В.
- 10** Поддержка жизненного цикла проектов дорожно-строительных работ в парадигме цифровой экономики
Максимычев О.И., Бойков В.Н.
- 16** Внедрение BIM в АО «Ленпромтранспроект»
Поляченко Ю.В., Самшаев А.С.

САПР

- 22** Практическое применение системы IndorPavement для расчёта укрепления конструкции объёмной георешёткой
Свеженцев Д.В., Савельева Т.Н., Лубкина К.А.
- 26** Опыт применения IndorTrafficPlan в Томскавтодоре
Крысин П.С., Шакирзянова А.М., Кривопапов А.Д.

ГИС

- 32** Геопортал автомобильных дорог ГК «Автодор»
Дмитриенко В.Е.
- 40** Аэрофотосъёмка с БПЛА для моделирования искусственных сооружений на автомобильных дорогах
Суконников О.Г., Гулин В.Н., Чиркина Н.И.

- 46** ГИС IndorRoad для решения инженерных и организационных задач в Томскавтодоре
Крысин П.С., Шакирзянова А.М.

ПЕРСОНА

- 50** Персона: Фортуна
Юрий Алексеевич.
Эксперт с большой буквы
Петренко Д.А.

ОБЩЕСТВО

- 56** Сквозь горы, воды, города — тоннели: едем напролом!
Кузнецова А.П.

InfraBIM для автомобильных дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.1

Бойков В.Н., д.т.н., зав. кафедрой геодезии и геоинформатики МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)
Скворцов А.В., д.т.н., профессор, генеральный директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматривается концепция InfraBIM и конкретная её реализация для автомобильных дорог, а также перспективы внедрения InfraBIM в России. Предлагаются первоочередные задачи, которые необходимо решить на данном этапе развития для полноценного внедрения и поддержки InfraBIM на всех стадиях жизненного цикла автомобильных дорог.



Рис. 1. На перепутье трёх BIM-дорог

Введение

Эволюция BIM, с одной стороны, происходит на глобальном уровне, когда вопросы развития методологии и формирования нормативной базы, разработки программного обеспечения и повышения интероперабельности информационных моделей за счёт открытых обменных форматов решаются на международном уровне посредством международных консорциумов и альянсов. Примером этому могут служить: консорциум buildingSMART International, альянс по открытому проектированию Open Design Alliance (ODA), открытый геопространственный консорциум Open Geospatial Consortium (OGC) и другие. С другой стороны, развиваются национальные подходы к эволюции BIM, которые учитывают специфику и уровень развития нормативной базы, технологическую готовность к внедрению новых подходов в проектировании, строительстве и эксплуатации, а также традиции образовательной среды каждой конкретной страны.

Анализ подходов различных стран к развитию и внедрению BIM позволяет выявить две доминирующие тенденции. Назовём их англо-американская и скандинавская тенденции.

Англо-американская тенденция заключается в основном в формировании нормативно-технической базы BIM и придании ей статуса международных стандартов де-факто. В качестве программного обеспечения (ПО) BIM-процессов рассматриваются и рекомендуются разработки (линейки программных продуктов) Autodesk (США) и Bentley Systems (США) и их проприетарные форматы данных, опять же с приданием этому ПО и форматам международного стандарта де-факто.

Очень многие страны в мире приняли в качестве основы своих национальных стандартов незначительно адаптированные версии американского National BIM Standard или британских стандартов серии PAS/BS 1192, включающие рекомендации по организации работы на основе продукции только двух компаний: Autodesk и Bentley [1].

Скандинавская тенденция, которую можно рассмотреть на примере Финляндии, заключается в поддержке концепции OpenBIM — универсального подхода к совместному проектированию, строительству и эксплуатации объектов капитального строительства (в частности, автомобильных дорог), основанного на открытых рабочих процессах и стандартах (рис. 1).

Преимущества OpenBIM состоят в том, что:

- используются лучшие в своём классе решения (от разных производителей);
- плавно обновляются технологии (эволюция вместо революции);
- нет сложного переобучения;
- нет сложного внедрения;
- особое внимание уделяется узким местам;
- возможна интеграция с разными решениями, в том числе имеющими национальную специфику (расчёт смет, инженерные расчёты и др.);
- происходит общее развитие вместо развития технологий.

При таком подходе решается вопрос гибридного замещения программного обеспечения, допускающего использование как отечественного, так и импортного ПО, замещение которого невозможно на данном этапе развития.

В 2007 году Финляндия приступила к разработке национальных основ BIM. В 2012 году был опубликован до-

Common InfraBIM Requirements – What and how to model

InfraBIM Classification System – Infrastructure classification

Inframodel Data Exchange – Inframodel3 – Definition – Guidelines for use

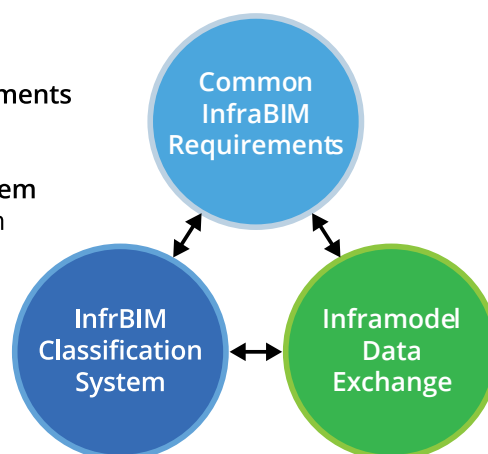


Рис. 2. Стандарты в составе финского документа COBIM-2015 для инфраструктуры

кумент COBIM-2012, содержащий требования BIM в сфере промышленного и гражданского строительства.

Параллельно с BIM для промышленного и гражданского строительства развивался и BIM для инфраструктуры, известный как проект InfraFinBIM. В 2015 году была завершена работа над документом COBIM-2015, состоящим из семи томов. Он содержит BIM-требования к инфраструктуре и «лежит на трёх китах» (рис. 2) [2]:

1. «InfraBIM — Общие требования» (Common InfraBIM Requirements);
2. «InfraBIM — Система классификации» (InfraBIM Classification System);
3. «Inframodel — Обмен данными» (Inframodel Data Exchange).

«InfraBIM — Общие требования» состоит из 12 разделов, основные из которых:

- «Общие требования к моделированию»;
- «Исходные данные»;
- «Модель и моделирование на разных этапах проектирования»;
- «Строительные модели»;
- «Гарантия качества модели»;
- «Управление активами: моделирование на этапе эксплуатации».

«InfraBIM — Система классификации» содержит требования по классификации элементов модели, процессов и строительной продукции, необходимых для реализации положений InfraBIM.

«Inframodel — Обмен данными» является национальным открытым обменным форматом на основе формата LandXML и обязателен к применению

с 2015 года для всех финских инфраструктурных проектов.

Открытый BIM (OpenBIM) предполагает, что в каждом проекте может использоваться индивидуальный набор инструментов и ПО, который состоит из наилучших в своей области решений и оптимально решает поставленные проектные задачи. Это обстоятельство позволяет финнам широко использовать программные разработки отечественных (скандинавских) производителей, среди которых Terrasolid, Solibri, Tekla и др.

Финский подход к развитию и внедрению BIM для инфраструктуры в рамках проекта InfraFinBIM имеет одно огромное достоинство, которое для нас может оказаться ещё более значимым и существенным, — это **сохранение и приумножение цифрового суверенитета**. А вслед за этим формируется и статус суверенитета отечественной науки и образования. Очевидно, что формирование и реализация научно-технического проекта InfraRusBIM по типу финского, но с российской спецификой способствовало бы решению многих вопросов в сфере InfraBIM.

Цели и задачи InfraBIM

Любая техническая или технологическая инновация в сфере проектирования и строительства имеет своей целью в первую очередь повысить качество процесса и конечного продукта, а также по возможности снизить стоимость работ и/или сократить временные затраты. Информационная технология InfraBIM способна потенциально одновременно достигать всех пере-



Рис. 3. Курьёзные коллизии проектных решений на практике

численных выше целей. Однако при этом следует понимать, что InfraBIM является технологией поддержки всего жизненного цикла объекта проектирования, а значит, и считать стоимостные и временные параметры этого объекта необходимо не на отдельных стадиях (проектирование, строительство, эксплуатация), а на всём жизненном цикле.

Выполненные пилотные проекты по технологии InfraBIM в нашей стране пока прошли лишь стадию проектирования, но именно на этой стадии закладываются основные потребительские качества будущего объекта, в нашем случае автомобильной дороги. Эти проекты показали высокий потенциал повышения качества проектных решений в первую очередь за счёт устранения пространственных коллизий. Ещё больший потенциал видится в совершенствовании методов оценки проектных решений на основе информационных моделей автомобильных дорог. Об этом речь пойдёт ниже.

На рис. 3 приведены неустранённые коллизии при реализации дорожных проектов, которые вызывают грустную улыбку и скорее относятся к разряду курьёзных. Можно говорить о безалаберности исполнителей, а можно это интерпретировать как строгое

следование строителей указаниям проектной документации, которая на уровне чертежей содержит такие проектные решения. В первом случае (рис. 3, а) смотровой колодец установлен на трамвайных путях. Во втором (рис. 3, б) перепутано местоположение трубопроводов, но опытные сварщики по месту принимают «правильное» решение. В третьем (рис. 3, в) вырез в тротуаре не совпал с местоположением смотрового колодца, для которого предназначался этот вырез.

Визуальный анализ сводных информационных моделей позволяет выявить до 99 % проектных коллизий, и это подтверждается практикой. На рис. 4 представлены коллизии, выявленные при визуальном анализе сводных моделей: лестница упирается в шумозащитный экран (рис. 4, а); сбросные лотки установлены ниже подшвы насыпи (рис. 4, б).

Сводная информационная модель является мощным инструментом в руках проектировщика для анализа собственных решений. Модель порождает новые методы оценки проектных решений, которые были невозможны или малодоступны при автоматизированном проектировании. Приведём лишь 3 примера: пространственный анализ расчётной

видимости автомобильной дороги (рис. 5, а); выявление зон с необеспеченным водоотводом (рис. 5, б); оценка соответствия проезжей части динамическому габариту автомобиля (рис. 5, в) [3].

Среди множества задач, которые необходимо решить для полноценного внедрения и поддержки InfraBIM на всех стадиях жизненного цикла автомобильных дорог, на данном этапе развития целесообразно рассмотреть 5 первоочередных задач.

Задача 1. Разработка нормативно-технической базы InfraBIM

В 2016 году в госкомпании «Автодор» был разработан первый нормативный отраслевой документ в сфере BIM: СТО АВТОДОР 8.6-2016 «Организационная и технологическая поддержка процессов формирования информационных моделей автомобильных дорог на всех этапах жизненного цикла». Этот документ позволил выполнить первые пилотные проекты и накопить определённый опыт для дальнейшей эволюции процесса информационного моделирования дорог.

В 2016–2017 гг. по заданию ФДА «Росавтодор» был выполнен ряд научно-исследовательских работ в сфере BIM. В результате мы получили ОДМ 218.3.105–2018 «Методические рекомендации по организации взаимодействия участников разработки проектной и рабочей документации на пилотных проектах строительства, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог с применением BIM-технологии», утверждённый и введённый в действие приказом от 05.06.2018 № 2084-р.

Разработка методических рекомендаций преследовала следующие цели [4].

Цель 1. Повышение качества проектной документации и сокращение

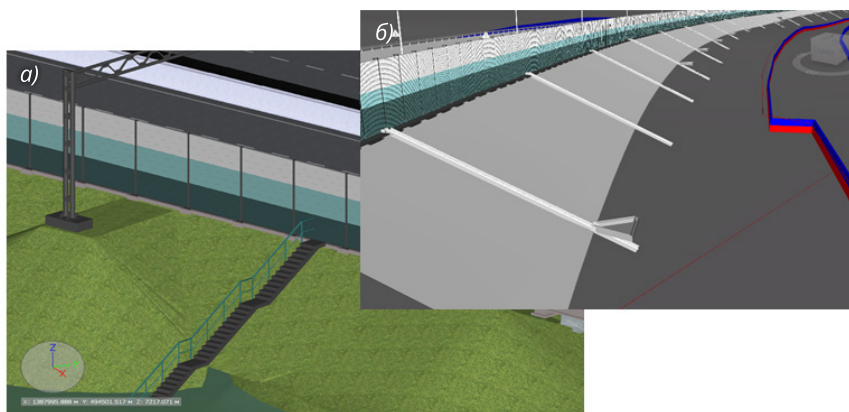


Рис. 4. Выявленные коллизии проектных решений на сводной модели

сроков строительства (реконструкции, ремонта) дорог за счёт реализации парадигмы информационного моделирования в жизненном цикле дорог.

Цель 2. Совершенствование системы управления состоянием сети автомобильных дорог и повышение эффективности капитальных вложений на всех стадиях жизненного цикла дорог внедрением в инженерные и управленческие процессы технологии информационного моделирования.

Цель 3. Мотивация участников дорожно-строительного процесса к формированию рынка технологий информационного моделирования и создание для этого соответствующих организационных, нормативно-технических и технологических основ.

Введение в действие этих методических рекомендаций позволит провести в 2019 году серию пилотных проектов на новом уровне качества,

которые, безусловно, должны обогатить теорию и практику информационного моделирования дорог на стадиях проектирования и строительства.

В настоящее время также по заданию ФДА «Росавтодор» ведётся разработка двух ПНСТ, призванных расширить и детализировать процессы информационного моделирования автомобильных дорог.

Разработка общеотраслевых регламентов и стандартов в сфере InfraBIM не исключает необходимости разработки внутрикорпоративных регламентов (BIM-стандартов или СТО), которые должны учитывать специфику работы и кадровый потенциал конкретного юридического лица.

Задача 2. Выбор программного обеспечения

Следуя принципам концепции OpenBIM и решая вопрос гибридного замещения программного обеспечения [5], допускающего использование как отечественного, так и импортного ПО, мы предлагаем гипотетическую линейку программных средств, реализующих InfraBIM на стадии проектирования автомобильных дорог. Как видно из перечня, это довольно известные программные продукты. Новым в этой линейке является программный комплекс S-Info (ООО «С-Инфо», г. Санкт-Петербург), но именно его появление делает линейку российских программных продуктов относительно самостоятельной.

S-Info — первый отечественный программный комплекс, который позволяет выполнять сборку сводной информационной модели автомобильной дороги из элементов, разработанных в различных программных модулях. S-Info может применяться для организации запросов, передачи, координации, синхронизации и просмотра данных сводной модели, выполняя функции среды общих данных (СОД) [6], а также для решения прикладных инженерных и управленческих задач при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

- **Изыскания:** пакет программ КРЕДО (СП «Кредо-Диалог» — ООО, г. Минск), ТороCAD (Adtollo AB, Швеция) и др.
- **Проектирование дорог:** IndorCAD/Road (ООО «ИндорСофт», г. Томск), Топоматик Robur — Автомобильные дороги (ООО НПФ «Топоматик», г. Санкт-Петербург), КРЕДО ДОРОГИ (СП «Кредо-Диалог» — ООО, г. Минск), Civil 3D (Autodesk, США) и др.
- **Проектирование ИССО:** IndorCulvert, IndorBridge (ООО «ИндорСофт», г. Томск), Renga (Renga Software, г. Москва) + Revit (Autodesk, США) и др.
- **Конструирование и расчёт дорожных одежд:** IndorPavement (ООО «ИндорСофт», г. Томск), Топоматик Robur — Дорожная одежда (ООО НПФ «Топоматик», г. Санкт-

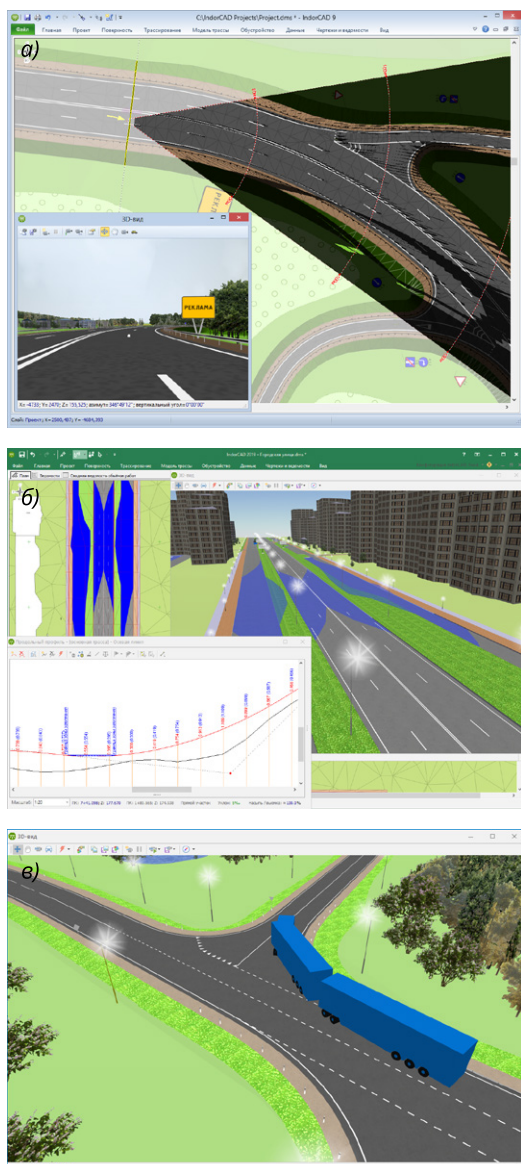


Рис. 5. Оценка проектных решений на сводной модели

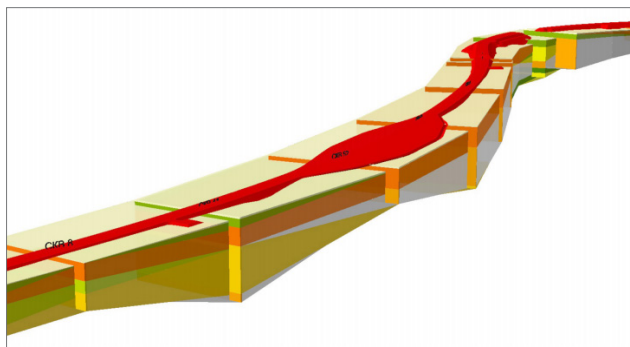


Рис. 6. 3D-модель геологического строения местности в полосе отвода

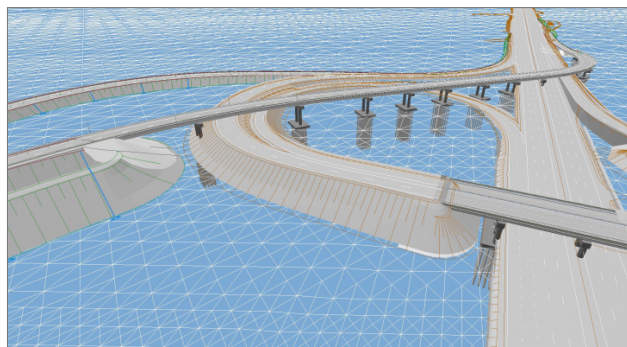


Рис. 7. 3D-отображение путепроводов и эстакад, включая подземную часть сооружений

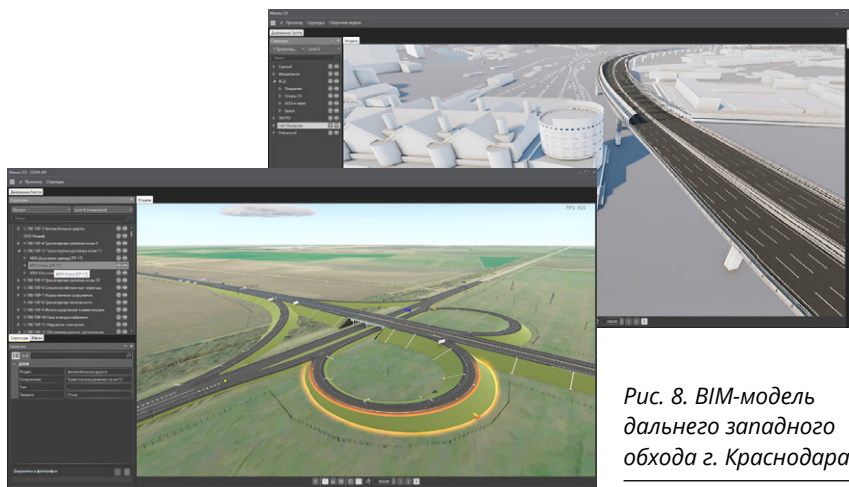


Рис. 8. BIM-модель дальнего западного обхода г. Краснодара

Петербург), КРЕДО РАДОН (СП «Кредо-Диалог» — ООО, г. Минск) и др.

- **Сметные расчёты:** ABC-4 (ООО НПП «ABC-Н», г. Новосибирск), 1С:Смета (ЦСП Эрикос, г. Екатеринбург), 5D Смета (НТЦ «Гектор», г. Москва) и др.
- **Сборка единой BIM-модели:** S-Info (ООО «С-Инфо», г. Санкт-Петербург), Navisworks (Autodesk, США), Trimble Connect (Trimble) и др.
- **Среда общих данных (СОД):** S-Info (ООО «С-Инфо», г. Санкт-Петербург), IndorBIM Server (ООО «ИндорСофт», г. Томск), ProjectWise (Bentley, США), PilotICE (Аскон, г. Санкт-Петербург) и др.
- **Линейно-календарное планирование (ПОС, ППР):** S-Info (ООО «С-Инфо», г. Санкт-Петербург), Synchro (Bentley, США), Microsoft Project (Microsoft, США) и др.

Что касается перечня открытых обменных форматов, обеспечивающих интероперабельность информационных моделей в процессе их жизнен-

ного цикла, то здесь в первую очередь необходимо говорить о поддержке формата IFC, предложенного консорциумом buildingSMART. Однако круг инженерных и управленческих задач в рамках InfraBIM настолько широк и многообразен, что требует поддержки и других форматов, таких как LandXML, CityGML, FBX и многих других [7, 8].

Задача 3. Апробация методов и технологий InfraBIM на пилотных проектах

Одним из первых проектов с позиции информационного моделирования стал проект «ТЭО на соединительную дорогу от М-4 «Дон» к А-105, подъезд к аэропорту «Домодедово» (проектировщик — ООО «ГорКапСтрой»). Целью данной работы было получение информационной модели дороги на стадии ТЭО для последующей передачи этой модели на стадию «П» и, как следствие, существенное сокращение периода времени на разработку проектной документации [9, 10].

Впервые было апробировано отображение геологических данных в виде 3D-модели (рис. 6) и поперечных профилей в составе 3D-модели дороги, что существенно повысило наглядность отображения геологической информации в составе модели дороги.

Также впервые была апробирована на стадии ТЭО технология детальной 3D-проработки путепроводов и эстакад, включая пролёты, опоры и фундаменты (свайные ростверки) (рис. 7). При разработке информационной модели дороги были использованы библиотеки типовых элементов: конструкции железобетонные, конструкции металлические, модели дорожных знаков (включая стойки и фундаменты), ограждения, объекты освещения и др.

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

Наиболее полно и глубоко процессы информационного моделирования автомобильных дорог были реализованы на проекте «Дальний западный обход г. Краснодара» (рис. 8).

Уникальными в этом проекте, выполненным инженерной группой «Стройпроект», были два момента. Во-первых, последовательно были разработаны информационные модели: территориального планирования, инженерных изысканий, предпроектная модель, проектная модель. Во-вторых, был апробирован программный комплекс для управления жизненным циклом объектов транспортной инфраструктуры S-Info.



Рис. 9. Работа с бумажными проектами в полевых условиях

Рис. 10. Дорожно-строительная площадка ближайшего будущего



Задача 4. Работа с информационной моделью на дорожно-строительной площадке

Запрос на информационную модель со стороны дорожных строителей существует уже давно. Сложность работы с бумажной документацией в полевых условиях (рис. 9) общеизвестна, и элементарный перенос модели и сопутствующих ей чертежей на планшеты уже является определенным достижением. Но есть более широкий круг задач на строительной площадке, требующий наличия информационных моделей. Это и контроль материально-технического снабжения, и линейно-календарное планирование, и геодезические разбивочные работы, и многое другое.

В дискуссию, которая ведётся по поводу выноса информационной модели автомобильной дороги на стройку, включились также такие лидеры дорожной отрасли, как ПАО «Мостотрест», АО «ДСК Автобан», ЗАО «ВАД». Это даёт надежду на то, что в ближайшее время InfraBIM появится на дорожно-строительной площадке.

Задача 5. Подготовка инженерных кадров с компетенциями в сфере InfraBIM

Лозунг 2-й советской пятилетки (1928–1932 гг.) — «Кадры решают всё» — остаётся верным на все времена. Смена методологии подготовки проектной документации с автоматизированного проектирования на информационное моделирование поставила вопрос о повышении квалификации специалистов в первую очередь для проектных организаций.

В настоящее время МАДИ подготовил 72-часовую программу повышения квалификации, включающую следующие основные темы:

1. BIM — InfraBIM — InfraRusBIM. История вопроса.
2. Теоретические основы.
3. Нормативно-техническое обеспечение.
4. Практические основы.
 - 4.1. Изыскания: пакет программ КРЕДО.
 - 4.2. Проектирование дорог: IndorCAD/Road.
 - 4.3. Проектирование ИССО: Renga + Revit.
 - 4.4. Расчёт дорожных одежд: IndorPavement.
 - 4.5. Сметные расчёты: ABC-4.
 - 4.6. Сборка единой BIM-модели: S-Info.
 - 4.7. Календарное планирование (ПОС, ППР): S-Info.
 - 4.8. Среда общих данных (СОД): S-Info.
5. InfraRusBIM на стадиях строительства и эксплуатации дорог.
6. Перспективы дальнейшего развития InfraRusBIM.

Однако ещё более важной задачей является подготовка специалистов, владеющих основами информационного моделирования дорог на всех стадиях их жизненного цикла. В учебный план МАДИ для дорожников постепенно входят новые дисциплины, повышающие компетенцию будущих специалистов в сфере информационных технологий: САПР/BIM автомобильных дорог, ГИС в дорожном строительстве, информационные технологии в строительстве, глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) в строительстве. ■

Литература:

1. Скворцов А.В. Обзор международной нормативной базы в сфере BIM // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 2(7). С. 4–48. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.1
2. Building SMART Finland. Publications and Standards. URL: <https://buildingsmart.fi/en/infrabim-en/> (дата обращения: 15.05.2019).
3. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий / В.Н. Бойков [и др.] // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16
4. Бойков В.Н., Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Цифровая автомобильная дорога как отраслевой сегмент цифровой экономики // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 2. С. 96–100.
5. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Проекты стандартов и регламентов BIM для автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. № 1(8). С. 9–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.10
6. Скворцов А.В., Бойков В.Н. 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
7. 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
8. 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
9. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
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

Поддержка жизненного цикла проектов дорожно-строительных работ в парадигме цифровой экономики

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.2

Максимычев О.И., д.т.н., доцент, профессор кафедры АСУ МАДИ (ГТУ) (г. Москва)

Бойков В.Н., д.т.н., профессор кафедры геодезии и геоинформатики МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)

Современные темпы производства дорожно-строительных работ требуют совершенствования систем управления. Необходим комплексный подход по внедрению в дорожно-строительном комплексе системы автоматического управления, интегрирующей процессы взаимодействия систем управления дорожно-строительными машинами. На систему возлагаются задачи контроля за перемещением строительной машины и пространственным положением её рабочих органов, диспетчеризации транспортных операций в реальном масштабе времени. Поиск оптимальных алгоритмов и технологий, соответствующих уровню экономической оправданности применения, является основным критерием продвижения систем автоматизации в строительную индустрию.

Введение

Развитие информационных систем и автоматизации технологических процессов в сфере дорожного строительства претерпевает новый эволюционный виток на основе применения новых технологий создания цифровых двойников и промышленного интернета вещей.

Мировая практика широкого применения в строительных компаниях систем спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС) в области управления и контроля за дорожно-строительной техникой и оборудованием позволила решить сложные задачи управления строительством.

Технологии объёмно-лазерного сканирования сделали возможным получать трёхмерные модели цифровой модели местности с миллиметровой точностью, что практи-



чески полностью обеспечивает все требования СНиП по точности. Информационные модели и 3D-проекты дорожных конструкций обеспечили информационную полноту проектов.

Бортовые системы автоматического управления (CAV) дорожно-строительных машин (ДСМ) в новом качестве и на основе данных 3D-моделей проектов [1] обеспечивают эффективное выполнение технологических процессов земляно-транспортных работ, укладки дорожных одежд и т.д.

В связи с этим информационное обеспечение строительства переходит в новую парадигму — информационного моделирования и концепции сетецентричного [2] взаимодействия всех участников жизненного цикла строительства.

Информационное моделирование строительства

Исходя из имеющихся определений, информационное моделирование строительства (англ. BIM — Building Information Modeling) — это цифровое представление любого строительного объекта (включая здания, мосты, дороги и пр.), совместно используемое и являющееся надёжным источником принятия решений. Более широкая трактовка термина заключается в том, что BIM — это организационный и технологический подход к проектированию, строительству и эксплуатации объекта строительства (к управлению жизненным циклом объекта), который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей проектно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации об объекте строительства со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда объект строительства и всё, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект. *BIM исключает избыточность, повторный ввод и потерю данных, ошибки при их передаче и преобразовании.*

Стандартизация BIM [3, 4, 5, 6] поддерживается следующими техническими комитетами:

1. Технический комитет ISO/TC 59 — Buildings and civil engineering works (Строительство зданий), подкомитет SC13 — Organization of information about construction works (Организация информации о строительных работах).
2. Комитет ISO/TC184 — Automation systems and integration (Системы промышленной автоматизации и интеграции), подкомитет SC4 — Industrial data (Промышленные данные).

Стандарты, поддерживаемые этими комитетами, не относятся напрямую к строительству дорог, но чётко регламентируют этапы и технологии, которые позволяют осуществлять нормативную поддержку эффективной реализации всего жизненного цикла объекта строительства. Поэтому можно принять название информационное моделирование дороги (ИМД) (от RIM — Road Information Modeling) [7].

Толчком к переходу в новое качество стали известные проблемы, связанные с дорожным строительством и носящие комплексный характер, решение которых лежит в том числе в областях информационно-технического контроля и управления. Так, например, госкомпания «Автодор» определила вызовы, которые стали основополагающими для решения задач по оптимизации системы поддержания комплекса жизненного цикла (КЖЦ) дорог:

1. Возрастающая сложность проектов.
2. Возрастающая цена ошибки проектировщиков.
3. Снижение рентабельности инфраструктурных проектов.
4. Сокращение сроков подготовки и реализации проектов.
5. Экономика КЖЦ (приведённые затраты).

Вариант структуры КЖЦ дорог показан на рисунке 1.



Рис. 1. Вариант структуры комплекса жизненного цикла дорог

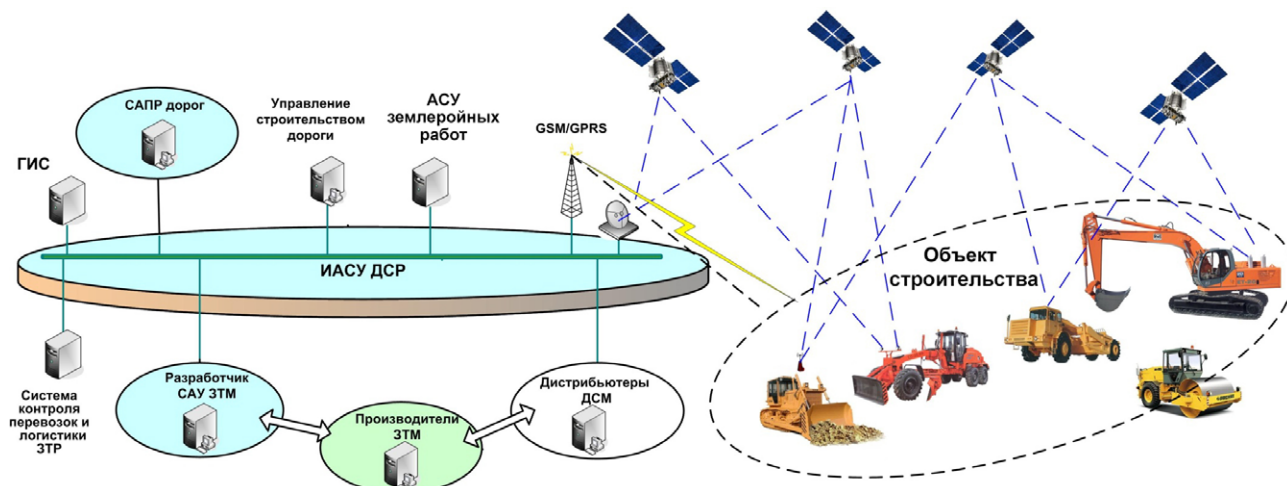


Рис. 2. Функциональная схема комплекса ИАСУ ДСР

Всё это, в свою очередь, инициировало начало разработки «Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» [3], который закладывает основу комплексной системы автоматизации управления строительством. Целью плана является повышение качества проектной документации и сокращение сроков строительства (реконструкции, ремонта) дорог, повышение эффективности капитальных вложений на всех стадиях жизненного цикла дорог и внедрение в инженерные и управленческие процессы парадигмы информационного моделирования дорог.

Задачи плана внедрения технологий ИМД:

1. Разработать основы нормативной, организационной и технологической поддержки информационного моделирования дорог в процессе их жизненного цикла.
2. Разработать стандарты по форматам данных, моделям и процессам для их реализации при проектировании, строительстве (реконструкции, ремонте) и эксплуатации автомобильных дорог, включая выполнение работ по кадастру земель, инвентаризации, техническому учёту и диагностике дорог.
3. Сформировать условия для интегрированного управления процессами информационного моделирования дорог, опираясь на достижения информационно-телекоммуникационных техноло-

гий и глобальной навигационной спутниковой системы позиционирования (ГЛОНАСС).

Базовыми компонентами информационного моделирования дорог в жизненном цикле или цикле DBO (Design — Проектируй, Building — Строй, Operate — Эксплуатируй) являются:

1. CAD (САПР) — система автоматизированного проектирования (3D).
2. GIS (ГИС) — геоинформационная система (3D).
3. IPM (ИСУП) — информационная система управления проектами (3D + время = 4D).
4. ACCP — автоматизированная система сметных расчётов (3D + время + ресурсы = 5D).
5. ИАСУ ДСР — интегрированная автоматизированная система управления дорожно-строительными работами.
6. ITS (ИТС) — интеллектуальная транспортная система.

Состав представляет ряд компонентов, входящих в обеспечение ИМД, которые могут быть охарактеризованы качественными показателями:

1. Полнота данных:
 - полнота данных BIM-модели: достаточна для принятия всех управленческих и технических решений;
 - данные имеют документальный статус и являются первичным источником для принятия решений;
 - BIM — это не модель данных, а модель знаний.

2. Должностные обязанности:

- все должностные обязанности в рамках всех этапов жизненного цикла полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте;
- все контрактные обязанности внешних исполнителей могут быть полностью исполнены только на основе BIM-системы.

3. Управление изменениями:

- в организации внедрён процесс анализа бизнес-процессов и метод анализа корневых причин, а реакция на проблемы не превышает 48 часов.

4. Бизнес-процесс:

- все бизнес-процессы собирают и немедленно (real-time) актуализируют информацию для BIM (большой акцент на датчики объективной информации и документооборот в полевых условиях);
- инфраструктура дорожных данных: нет дублирования при вводе данных (синхронизация всех технических и обеспечивающих процессов: сметного и табельного учёта и т.д.).

5. Время выполнения запросов:

- вся информация организации находится в BIM, непрерывно обновляется на основе данных от датчиков и операторов;
- ответы на запросы поступают немедленно, доступны, точны и имеют юридическую значимость.

Таким образом, внедрение в будущем ИМД позволит на основе пере-

численных условий получить высокоэффективную систему управления строительством.

ИАСУ ДСР

Важным компонентом ИМД и звеном жизненного цикла является интегрированная автоматизированная система управления дорожным строительством (рис. 2). Следует отметить свойство динамического синтеза проекта ИАСУ ДСР [1] на основе уже действующего комплекса обеспечения ИМД. Этот комплекс в настоящее время имеет все признаки развивающегося проекта системы [3], целью которого является повышение производительности и качества дорожно-строительных работ путём автоматизации технологических процессов, выполняемых строительными машинами в составе информационно-управляющей системы жизненного цикла дорог. Функциональная структура модели автоматизированной системы синтезируется исходя из параметров объекта строительства, которая и формирует основные технологические возможности проекта ИАСУ ДСР. Перечислим их.

1. Работа в единой информационной среде проектировщиков, геодезистов, инженеров-технологов и операторов всего парка строительных машин, оснащённых бортовыми системами управления.
2. Автоматический контроль над выполнением плана работ и качеством выполненных технологических операций.
3. Наличие подсистемы экспертного анализа, контролирующей и предлагающей оптимальное решение строителям из складывающейся технологической ситуации на основе заложенных правил и ограничений (СНиП, ГОСТ, проект, план-график работ, имеющиеся материальные и другие ресурсы).
4. Устранение человеческого фактора в ограниченных условиях принятия решений.

Бортовые САУ ДСМ

Бортовые системы автоматического управления дорожно-строительными машинами, а точнее технологическими процессами строительства, выполняемыми с применением этих машин, обеспечивают интеграцию в информационно-управляющее пространство ИАСУ ДСР [8]. Развитие средств и методов автоматизации технологических процессов является проектом подсистемы комплекса ИАСУ ДСР, непосредственно влияющим на качество и эффективность строительства.

Пример технологии САУ

Система сетецентрического управления Connected Site, разработанная компанией Trimble (США), включает три составляющие: «Подключённый офис» (Connected Office), «Подключённый контроллер» (Connected

Controller) и «Подключённая машина» (Connected Machine). Здесь можно говорить о сетевом, связном взаимодействии подсистем ИАСУ ДСР.

Ставшая стандартной во всех САУ технология «Подключённая машина» выполняет функции мониторинга и управления землеройно-транспортными машинами (ЗТМ) (рис. 3). Машины могут собирать на локальном уровне данные об исполнительный съёмке для передачи в офис строительства и получать поправки по сети. Данные 3D-проекта, созданного в проектно бюро, можно передавать оператору машины в целях более быстрого и точного проведения земляных работ. Техническую поддержку по выполнению земляных работ можно осуществлять удаленно, не покидая штаб строительства. Кроме того, ЗТМ используются для измерений объёма выработки, чтобы реже производить дорогостоящие измерения с помощью геодезистов. Время на переезды и переделки также сводится к минимуму, поскольку и офис строительства, и находящиеся на участке машины всегда могут предоставить данные с актуальной информацией в единой информационной среде проектирования и управления.

Эксплуатация САУ

В части эксплуатации САУ важное значение приобретают системы автоматизированного проектирования алгоритмов управления технологическими операциями машин, реализующие цикл «Оператор — контроллер — САУ-машина» (рис. 4). Общие принципы взаимодействия управляющих подсистем можно представить в виде структуры, в которой промежуточным звеном коррекции является вычислительная система, а оператор осуществляет только супервизорное управление. В указанном рабочем цикле производится поиск и оптимизация алгоритмов регулирования. В ИМД может быть применена методика анализа систем нижних уровней, формализация действий управления оператора

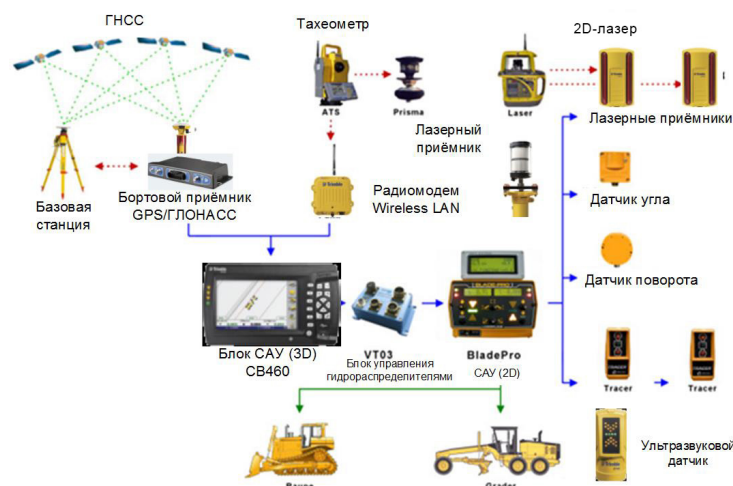


Рис. 3. Состав комплекса технических средств для САУ ЗТМ (Trimble)

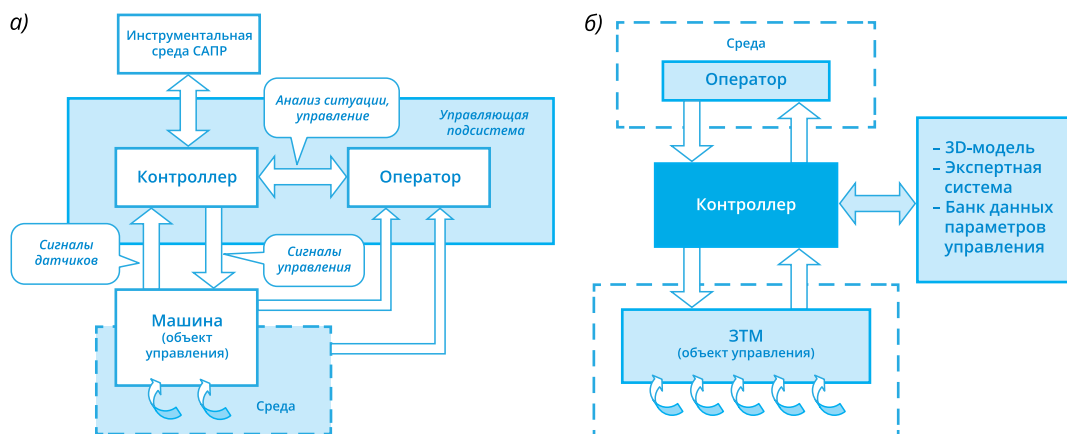


Рис. 4. а) САПР «Оператор — контроллер — машина»; б) структура САУ ЗТМ в системе ИМД

по оптимальному управлению. Обеспечением в этом случае являются действующие проекты моделей управления дорожно-строительных машин и их исполнительных механизмов. Моделирование технологических операций обеспечивает достоверность данных в соответствии с методикой ИМД и нормативными требованиями к применённой САУ в проекте 3D. В результате реализуется возможность накапливать информацию о процессах управления в виде баз знаний.

Программирование и настройка параметров САУ становится важным этапом выполнения проекта в системе 4D.

Возможность внесения изменений в конфигурацию информационной подсистемы САУ ДСМ обеспечит выполнение проекта контроля производимых технологических операций и проекта 4D.

Условия реализации проекта

Формирование единого информационного пространства дорожного строительства на основе системы информационной поддержки жизненного цикла объектов транспортного комплекса требует выполнения следующих условий.

1. Организация кооперационного взаимодействия-альянса между подрядными организациями строительного комплекса, разработчиками систем автоматизированного управления, средств обеспечения САУ и производителей дорожно-строительных машин.
2. Разработка и поддержание пилотного проекта синтеза АСУ (информационно-управляющей системы) дорожного строительства как части программы цифровизации отрасли в парадигме ИМД.
3. Обеспечение полигонной отработки (мониторинга) подсистем и системы управления ДСР в целом на всём протяжении её жизненного цикла.
4. Формирование современной нормативной базы национального стандарта для обеспе-

чения применения средств навигации и автоматизации в дорожном строительстве.

Задачи поддержки жизненного цикла ИАСУ ДСР в парадигме информационного моделирования строительства дорог

1. Методическая поддержка отраслевых нормативных рекомендаций, регламентирующих применение комплекса средств автоматизации и информационных технологий в строительстве.
2. Информационное моделирование процессов управления, хранения и обработки данных в ИАСУ ДСР. Разработка алгоритмов АСУ ТП и САУ.
3. Разработка методик и средств обеспечения достоверности получаемых данных от информационных систем и САУ ДСМ.
4. Разработка методик расширения и модернизации ИАСУ ДСР.
5. Экспертно-методическое сопровождение программных средств обеспечения, входящих в ИАСУ ДСР и ИМД.
6. Разработка и поддержка баз данных и экспертных систем ИМД.

Ожидаемые результаты от применения ИАСУ ДСР

- Повышение эффективности капитальных вложений, качественное изменение методов контроля строительства, обеспечение возможностей по гибкому управлению материально-финансовыми ресурсами в рамках выполняемых проектов на основе частного-государственного партнёрства.
- Получение эффективной, масштабируемой информационной системы управления дорожно-строительными работами.
- Повышение точности и сокращение сроков выполнения линейных строительных работ.
- Сокращение расхода строительных материалов, снижение приведённых затрат.

- Повышение производительности труда операторов машин за счёт применения бортовых комплексов объективного контроля технологических процессов.
- Автоматизированный контроль строительных работ в реальном масштабе времени.
- Автоматическое документирование выполненных этапов проектов.
- Персонификация выполненных работ на объекте.
- Соблюдение норм техники безопасности труда операторов машин.
- Соблюдение экологических норм и ограничений при ведении строительных работ.

Формирование единого информационного пространства (ЕИП) дорожного строительства

Исходя из преимуществ, получаемых от применения ИАСУ ДСР, следует выделить основные факторы, позволяющие говорить о формировании структуры единого информационного пространства дорожного строительства, которая включает в себя следующие этапы взаимодействия.

1. Структура системы внедрения ИАСУ ДСР в системе ЕИП

- а) Тендер на строительство или ремонт дороги или участка.
- б) Организация консорциума для участия в тендере:
 - Проектная организация. Подготовка цифровых моделей местности и проектирование объектов строительства.
 - Строительная организация.
- в) Оперативное управление строительством. Система автоматизированного управления технологическими процессами строительства дорог (АСУ ТП) 4D.
- г) Закупка оборудования автоматизации. Аппаратно-программный комплекс (АПК) автоматизированного управления строительной машиной.
- д) Разработка и производство АПК. Обеспечение качества выполняемых технологических процессов.
- е) Определение производителей (поставщиков) дорожно-строи-

тельной техники. Обеспечение интеграции АПК в строительные машины и обеспечение надёжности эксплуатации.

- г) Разработка структуры сервисного обеспечения оборудования автоматизации и навигации.
- д) Обучение персонала всех уровней управления.

2. Условия проведения строительных работ

- а) Наличие в строительной организации департамента автоматизации технологических процессов и управления (регламентированная структура оператора обеспечения и мониторинга строительства).
- б) Реализация проекта строительства в ЦММ для навигации строительных машин и оборудования.
- в) Наличие АСУТП (4D) и парка машин, оборудованных автоматикой управления и навигационными системами позиционирования.
- г) Наличие методики и расчётной базы для эксплуатации ДСМ с САУ 4D.

3. Ожидаемые результаты

- а) Прозрачная система контроля финансовых и материальных ресурсов.
- б) Сокращение сроков согласования и экспертных оценок проекта.
- в) Контроль качества и объёмов выполненных работ.
- г) Оптимизация затрат на выполнение транспортных и строительных операций.
- д) Сокращение сроков строительства.
- е) Извлечение дополнительных ресурсов (резервов). Оперативное привлечение подрядных организаций и индивидуальных предпринимателей для формирования комплектов машин.

4. Приобретаемые факторы

- а) Рост рынка услуг в области обеспечения строительства.
- б) Улучшение безопасности и условий труда при проведении земляных и других строительных работ.
- в) Повышение экологической безопасности.
- г) Системная разработка и проектирование проектов автоматизации

и новых технологий управления в дорожном строительстве.

Заключение

Возрастающие требования к строительным работам и развитие технологий информационно-управляющих систем определяют необходимость использования новых подходов и модернизации всей парадигмы поддержки жизненного цикла дорог. Применение «островных», локальных технологий, не связанных в единое информационное пространство в реальном масштабе времени, не позволит полностью использовать все технологические возможности цифровой экономики. Только применение системы обеспечения жизненного цикла может обеспечить успешное и поступательное развитие практики дорожного строительства. ■

Литература:

1. 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
2. Васильевский А.М., Максимович О.И. Новые направления в автоматизации технологий дорожного строительства // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. № 3. С. 53–57.
3. Скворцов А.В. Обзор международной нормативной базы в сфере BIM // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 2(7). С. 4–48. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.1
4. 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
5. 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
6. 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
7. 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
8. Комплексная система автоматизированного управления дорожно-строительными работами / В.А. Воробьев [и др.]. М: МАДИ, 2017. 324 с.

Внедрение BIM в АО «Ленпромтранспроект»

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.3

Полячонок Ю.В., руководитель проекта АО «Ленпромтранспроект» (г. Санкт-Петербург)
Самшаев А.С., главный инженер АО «Ленпромтранспроект» (г. Санкт-Петербург)

В статье рассматривается практический опыт АО «Ленпромтранспроект» по внедрению технологий информационного моделирования в проектирование автомобильных дорог на примере пилотного проекта улично-дорожной сети территории Рублёво-Архангельское. Описаны основные подготовительные работы для запуска пилотного проекта, сложности в реализации проекта и во взаимодействии с заказчиком, проблемы применения BIM-технологий в инфраструктурных объектах на сегодняшний день и перспективы их развития.

Обзорный вид проектируемой
территории Рублёво-Архангельское



Введение

Переход от стандартного подхода выполнения проектно-изыскательских работ к проектированию объектов капитального строительства с использованием BIM-технологий вызван стремлением заказчика соответствовать современным тенденциям рынка, а также планированием государства в рамках разработки национального проекта «Цифровое строительство». Цифровизация строительной отрасли требует от проектных организаций внедрения в производственную деятельность информационного моделирования при проектировании площадных и линейных объектов строительства.

Для изменения отработанной годами методологии организации проектно-изыскательских работ была инициирована разработка внутреннего проекта организации по внедрению информационного моделирования в производственную деятельность АО «Ленпромтранспроект».

Подготовительные работы

Разработка плана мероприятий по внедрению BIM-технологий в операционную деятельность нашей организации включала работы по внутреннему аудиту: анализ оснащения рабочих мест проектировщиков и программного обеспечения, используемого при

проектировании объектов транспортного и промышленно-гражданского строительства; оценка уровня подготовки специалистов.

Применение программного обеспечения, позволяющего осуществлять информационное моделирование зданий и сооружений и выполнять 3D-визуализацию объектов специалистами отдела проектирования транспорта, отдела искусственных сооружений, промышленно-гражданского строительства и других смежных отделов, давно является повседневной практикой. При этом разработка проектной документации с учётом требований BIM-проектирования является новым подходом к проектированию, основанным на информационных требованиях заказчика (EIR, Employer's information requirements) к созданию информационной модели и порядку взаимодействия рабочих групп — участников BIM-проекта.

Для запуска и реализации пилотного проекта по внедрению информационных технологий в проектирование инфраструктурных объектов, в том числе автомобильных дорог, было принято решение об использовании концепции OpenBIM и применении формата данных с открытой спецификацией — IFC (Industry Foundation Classes). Это позволило применить для информационного моделирования программное обеспечение раз-

личных вендоров, широко используемое в организации. Интеграцию информационных моделей в сводную модель, валидацию и выявление коллизий, координацию моделей планировалось выполнить в Navisworks (Autodesk, США).

Пилотным проектом по информационному моделированию для нашей компании стала разработка проектно-сметной документации по улично-дорожной сети территории Рублёво-Архангельское в границах красных линий с подключением к транспортной развязке автомобильной дороги общего пользования федерального значения М-9 «Балтия».

После проведения анализа возможностей систем Civil 3D (Autodesk, США) и IndorCAD («ИндорСофт», г. Томск) было принято решение использовать систему IndorCAD [1] в качестве базовой программы для проектирования автомобильных дорог и улично-дорожной сети в рамках реализации данного пилотного проекта. Перед началом работ представители компании «ИндорСофт» провели в АО «Ленпромтранспроект» практические занятия по информационному моделированию в среде IndorCAD.

Требования к проекту

Требования к формированию проектной документации с созданием информационных моделей с точки

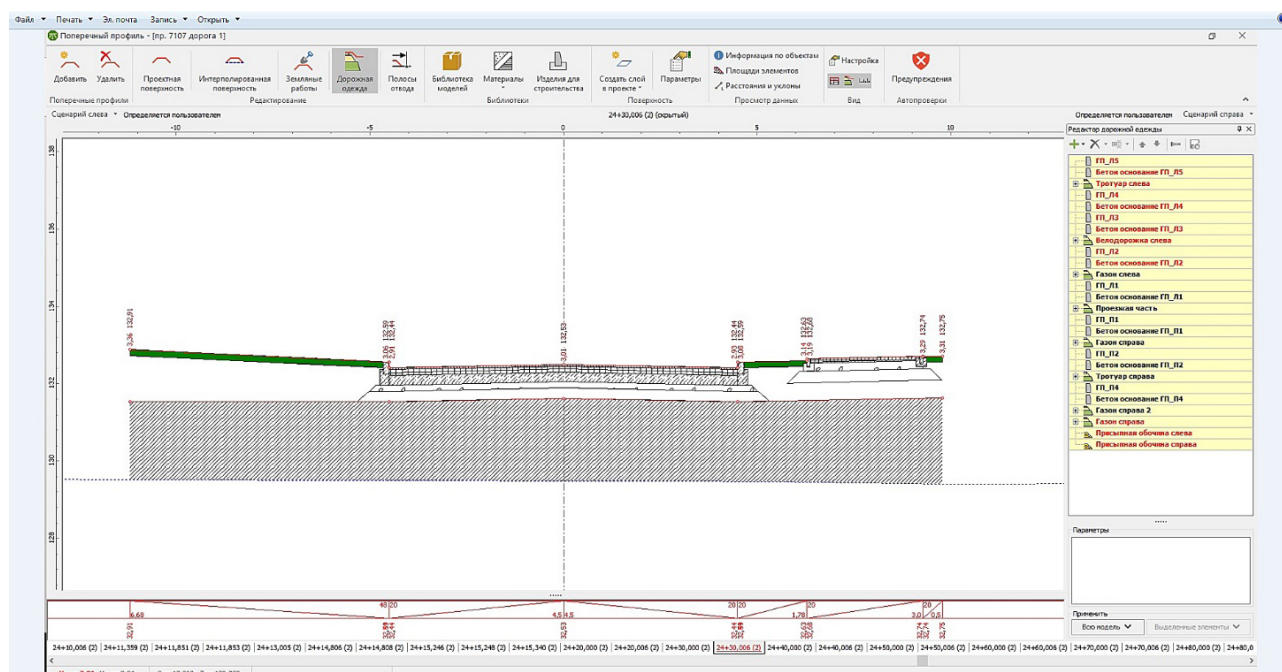


Рис. 1. Фрагмент разработки поперечных профилей и дорожной одежды в программе IndorCAD

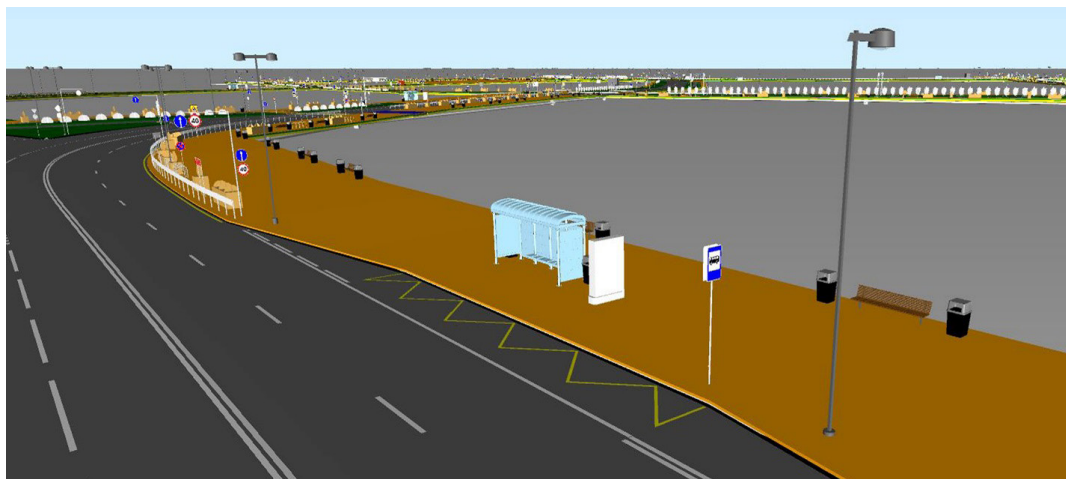


Рис. 2. Пример включения 3D-объектов в сводную модель

зрения нормативно-правовой базы на момент выполнения проекта отсутствовали, были лишь требования, которые заказчик указал в задании на проектирование объекта.

В соответствии с техническим заданием проектная документация должна была быть структурирована согласно требованиям к её разделам, регламентированным Постановлением Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г. [2]. Дополнительно к разработке и формированию проектной документации «стандартным» способом заказчик указал требования по подготовке и передаче информационной модели (BIM-модель) «Улично-дорожная сеть территории Рублёво-Архангельское».

В состав работ по разработке проектной документации вошли:

- проектирование четырёхполосных магистральных улиц районного значения общей протяжённостью 5 км;
- проектирование магистральных двухполосных улиц и улиц местного значения общей длиной 14,8 км;
- проектирование внутриквартальных двухполосных проездов с шириной проезжей части до 6 м, общей протяжённостью 4,2 км.

Выполнение проекта

В качестве исходных данных для проектирования заказчиком были представлены:

- проект планировки территории;

- информационная модель подготовки территории;
- проектная документация «Внутриплощадочные сети дождевой канализации с разработкой разделов схемы планировочной организации земельного участка» в бумажной версии.

В техническом задании на проектирование были описаны общие требования к информационной модели:

- требования к программному обеспечению;
- требования к уровню детализации;
- требования к структуре и составу модели;
- требования к элементам модели.

Детализация требований была произведена заказчиком в отдельном документе — BIM-стандарте «Информационные требования заказчика (EIR)», включающем в себя план реализации проекта (BEP, BIM Execution Plan), что обеспечило совместную организацию работ с заказчиком по информационному моделированию. Таким образом, на начальном этапе реализации проекта заказчик определил правила совместной работы по информационному моделированию.

Для организации совместной работы проектной группы объект проектирования был разделён на шесть зон. Каждую из зон разделили на дисциплины, а каждая дисциплина, в свою очередь, была представлена отдельной моделью. В составе моделей были разработаны:

- модель дорожной части: конструкция дорожной одежды, велодорожки, тротуары;
- модель благоустройства улично-дорожной сети: шумозащитные экраны, скамейки, озеленение;
- модель технических средств организации дорожного движения (ТСОДД): знаки, светофоры, разметка ограждения и пр.;
- модель наружных инженерных сетей.

Для создания информационных моделей использовалось различное программное обеспечение. Элементы поперечного профиля улично-до-

Проверка проектных решений и моделей, поступающих от участников проектной группы, проводилась в две стадии. На первой стадии осуществлялся нормоконтроль принятых проектных решений, а на второй, при отсутствии замечаний к проектным решениям, осуществлялась проверка моделей BIM-менеджером на наличие коллизий.

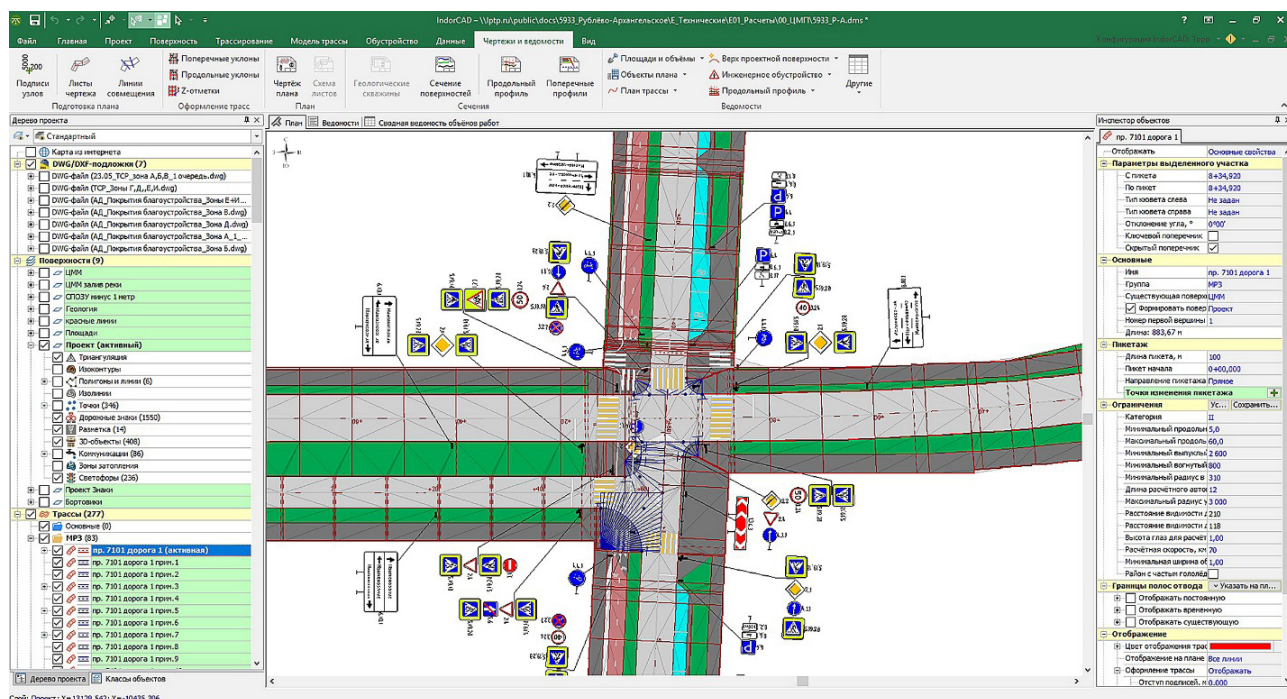


Рис. 3. Фрагмент разработки ТСОДД в системе IndorCAD

рожной сети и конструкции дорожной одежды были разработаны с использованием базовой программы IndorCAD (рис. 1).

Применение IndorCAD было обусловлено использованием имеющихся в программе библиотек готовых типовых решений: поперечных профилей проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог, городских улиц, дорожных ограждений, дорожной разметки и прочих типовых решений, значительно сокращающих трудоёмкость проектных работ [3].

Элементы благоустройства — велодорожки, тротуары, газоны, шумозащитные экраны, остановки — разрабатывались с использованием программы Revit (Autodesk, США).

На рис. 2 приведён фрагмент модели с размещением 3D-объектов (автобусная остановка, малые архитектурные формы), выполненных в Revit и экспортированных в Navisworks в формате IFC.

Модель ТСОДД (светофоры, дорожные знаки, разметка, ограждения и пр.) была разработана в системе IndorCAD (рис. 3).

Проверка проектных решений и моделей, поступающих от участников проектной группы, проводилась в две стадии. На первой стадии осуществлялся нормоконтроль принятых

проектных решений, а на второй, при отсутствии замечаний к проектным решениям, осуществлялась проверка моделей BIM-менеджером на наличие коллизий. В случае их выявления коллизии документировались в отчёте и модель отправлялась на исправление. Информационная модель в окончательном варианте направлялась заказчику, который производил валидацию модели, и, если выявля-

лись несоответствия установленным требованиям заказчика (EIR), модель направлялась обратно на доработку. Таким образом осуществлялся контроль качества моделей. Фрагмент отчёта проверок на коллизии, сформированного в системе Navisworks, показан на рис. 4.

Из проверенных по дисциплинам моделей формировалась сводная модель в системе Navisworks (рис. 5).

Clash Detective

Последнее выполнение: 26 ноября 2018 г. 17:23:35

Конфликты — Всего: 42 (открыты: 3 закрыты: 39)

Имя	Статус	Конф.	Созд...	Актив...	Провер...	Подтв...	Исправ...
Знаки	Старая	42	3	0	0	0	39
Проверка 1	Старая	1582	1252	330	0	0	0
Проверка 2	Старая	16	0	0	0	0	16
Проверка 3	Старая	206	206	0	0	0	0
Проверка 4	Старая	26	26	0	0	0	0

Добавить проверку

Сбросить все

Сжать все

Удалить все

Обновить все

Правила

Выбрать

Результаты

Отчет

Новая группа

Назначить

Нет

Повторить проверку

Имя	Статус	Найдено	Кем утер...	Утер...	Описание	Назначен...	Расстояние
Конфликт40	Создать	17:23:36 26-11-2018			По пересечению		-0,295 м
Конфликт41	Создать	17:23:36 26-11-2018			По пересечению		-0,085 м
Конфликт42	Создать	17:23:36 26-11-2018			По пересечению		-0,015 м
Конфликт1	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,117 м
Конфликт2	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,066 м
Конфликт3	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,056 м
Конфликт4	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,056 м
Конфликт5	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,043 м
Конфликт6	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,037 м
Конфликт7	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,037 м
Конфликт8	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,035 м
Конфликт9	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,035 м
Конфликт10	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,030 м
Конфликт11	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,029 м
Конфликт12	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,023 м
Конфликт13	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,019 м
Конфликт14	Исправл...	14:24:51 19-10-2018			По пересечению		-0,018 м

Задания

Рис. 4. Фрагмент отчёта проверки на коллизии



Обзорный вид проектируемой территории Рублёво-Архангельское

Проектная документация, структурированная в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г. для прохождения экспертизы в ГУП «Московская государственная экспертиза», была подготовлена из разработанных информационных моделей в объёме 50%. Из моделей была сформирована графическая часть следующих разделов проектной документации:

- «План полосы отвода. Продольные профили дорог»;
- «Конструктивные решения элементов улично-дорожной сети: дороги, тротуары, площадки»;
- «Технические средства организации дорожного движения».

При этом государственная экспертиза BIM-модели не производилась. Модель была приложена в качестве дополнения к проектной документации.

Заключение

Подводя итоги по реализованному пилотному проекту, важно отметить следующее.

1. Качество, сроки и стоимость работ по BIM-проекту напрямую связаны с уровнем внедрения технологий информационного моделирования у заказчика. В данном пилотном проекте детализированные информационные требования и план реализа-

ции BIM-проекта, разработанные заказчиком, обеспечили взаимодействие проектных групп заказчика и проектировщика.

2. Автоматизированная проверка заложенных в информационных моделях проектных решений на предмет коллизий [4] позволяет избежать ошибок в координации моделей по дисциплинам, что значительно сокращает трудозатраты на внесение исправлений в проект и, в свою очередь, снижает себестоимость проектных работ.
3. С вопросами информационного моделирования связаны не все разделы проектной документации, регламентированные Постановлением Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г. Для прохождения государственной экспертизы часть проектной документации в бумажной версии приходится дорабатывать традиционным способом (вручную).
4. В настоящее время отсутствуют действующие расценки и коэффициенты, учитывающие стоимость проектирования объектов капитального строительства с применением технологий информационного моделирования. При проверке достоверности

сметной стоимости строительства государственная экспертиза не пропускает расчёты либо договорные коэффициенты увеличения стоимости проектно-исследовательских работ с учётом выполнения информационного моделирования. Это происходит из-за отсутствия обязательных требований со стороны государственной экспертизы к прохождению в экспертизе BIM-проекта. Кроме того, на данный момент нет оценки стоимости применения информационного моделирования.

5. Согласно п. 1.4 Методических указаний по применению справочников базовых цен на проектные работы в строительстве, утверждённых Министерством регионального развития РФ приказом от 29 декабря 2009 г. № 620, стоимость разработки проектной документации составляет 40% от общей стоимости проектирования. С учётом информационных требований заказчика к количеству дисциплин и уровню детализации проектной документации процентное соотношение трудоёмкости проектных работ на стадии «Проектная документация» может составлять от 50 до 70% от стоимости проектирования, что

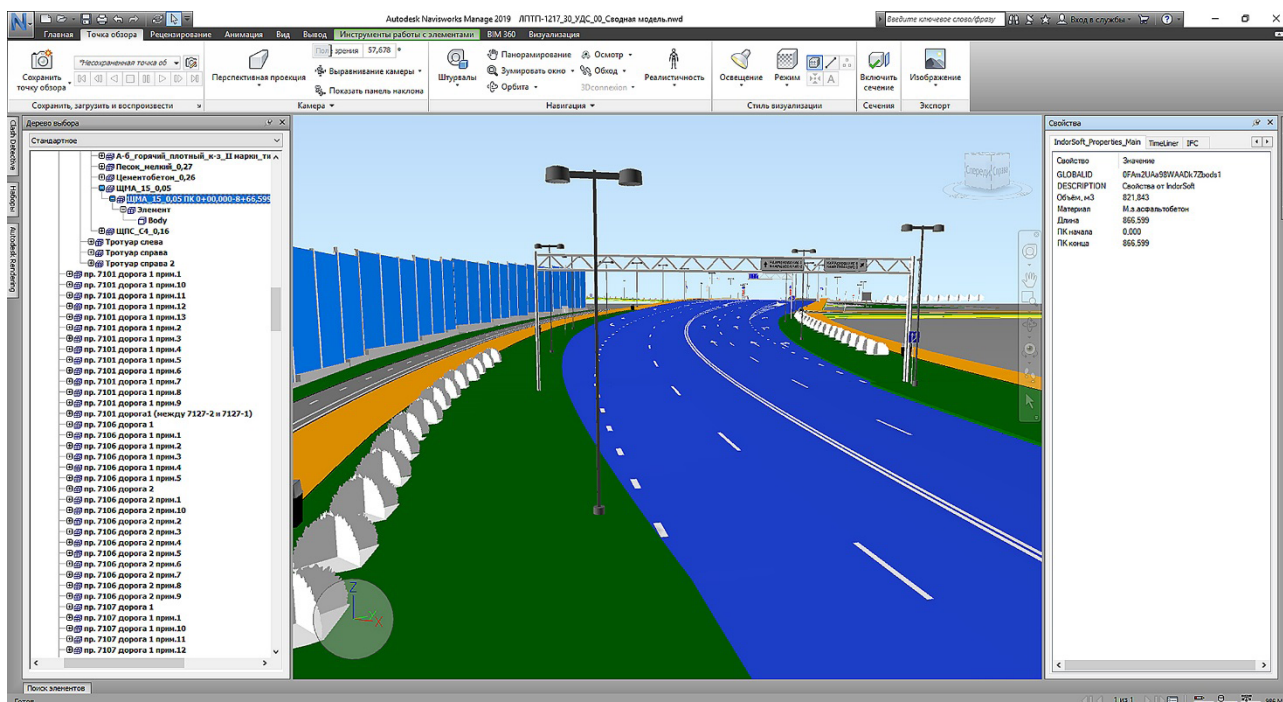


Рис. 5. Фрагмент сводной модели в системе Navisworks

должно учитываться при определении стоимости проектно-изыскательских работ.

6. При проектировании линейных инфраструктурных объектов с применением информационного моделирования [5] возрастают расходы на организацию рабочих мест проектировщиков, т.к. приходится использовать программное обеспечение различных вендоров, а стоимость программного обеспечения и компьютеров довольно высока. Окупиться эти расходы могут только при реализации достаточно большого портфеля заказов.
7. Внедрение BIM-технологий в проектирование [6,7] привело к необходимости перестройки организационной работы проектировщиков, организации параллельной работы в CAD и BIM. Это вызвано традиционными для многих заказчиков требованиями к разработке проектной документации: разработкой в бумажной версии проектной и рабочей документации, структурированной и наполненной в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г. В это же время осуществляется внедрение BIM-технологий на перспективу с учётом разработанной Минстроем и ФАУ «ФЦС» с участием Главгосэкспертизы концепции перехода строительной отрасли на управление жизненным циклом зданий и сооружений с использованием информационного моделирования до 2030 года.
8. Опыт реализации пилотного BIM-проекта дал основу для разработки собственно-

го стандарта по организации информационного моделирования в АО «Ленпромтранспроект». [\[1\]](#)

Литература:

1. 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
2. Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г. «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»
3. Снежко И.В., Петренко Д.А. Новые BIM-инструменты в IndorCAD // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 1(6). С. 28–33. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.5
4. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий / В.Н. Бойков [и др.] // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16
5. Бойков В.Н., Скворцов А.В. InfraBIM для автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2019. № 1(12). С. 4–XX. DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.1
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. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12–21. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.3

Практическое применение системы IndorPavement для расчёта укрепления конструкции объёмной георешёткой

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.4

Свеженцев Д.В., инженер ООО «Гекса-Инжиниринг» (г. Москва)
Савельева Т.Н., системный аналитик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)
Лубкина К.А., ведущий программист ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

В статье рассматриваются особенности расчёта конструкции дорожной одежды с объёмной георешёткой в системе IndorPavement на примере проекта капитального ремонта автодороги Р-257 «Енисей» на участке 600—615 км в Красноярском крае.

Проектирование конструкций дорожных одежд в условиях сурового климата или горной местности является задачей повышенной сложности в связи с увеличением требований к расчёту на сдвигустойчивость, сокращением срока службы дороги и т.д. В таких случаях на помощь приходят геосинтетические материалы, в частности объёмные георешётки (геосоты), увеличивающие прочность конструкции дорожной одежды.

Что такое объёмная георешётка?

Объёмная георешётка (геоячейки, пространственная георешётка) — это объёмная сотовая конструкция из полимерных или синтетических лент, скреплённых между собой в шахматном порядке. В рабочем состоянии она образует пространственную ячеистую конструкцию [1]. Материал георешётки не подвержен гниению, воздействию кислот и щелочей, поэтому срок её службы составляет не менее пятидесяти лет. Плюсом использования георешётки также является простота монтажа: для фиксации модуля применяются пластиковые или металлические анкера.

Для чего используется георешётка?

Основными задачами, решаемыми с помощью применения георешётки при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог, являются:

- укрепление подтопленных и неподтопленных откосов и склонов вместо использования традиционных типов укрепления или

в сочетании с ними (например, с посевом многолетних трав);

- усиление насыпей земляного полотна в сложных условиях строительства (наличие слабых грунтов и грунтов повышенной влажности в основании земляного полотна, стеснённые условия строительства и необходимость возведения насыпей с откосами повышенной крутизны) и усиление рабочего слоя земляного полотна;
- укрепление сооружений поверхностного водоотвода;
- образование усиленных конструктивных слоёв дорожных одежд (несущих оснований, дополнительных слоёв оснований, покрытий переходного типа).

Применение георешётки позволяет усилить конструкцию дорожной одежды и обеспечить сдвигустойчивость слоёв основания. Усиление достигается благодаря совместной работе георешётки с зернистым материалом основания (покрытия переходного типа), приводящей к ограничению перемещений отдельных зёрен этого материала в ячейках геосотовой конструкции. В качестве заполнителя могут использоваться различные материалы: местные непучинистые или слабопучинистые грунты, щебень фракций от 10 до 40 мм, гравий, щебёночно-песчаные, гравийно-песчаные, щебёночно-песчано-гравийные смеси, а также грунты и материалы, укрепленные вяжущим. Образованный композитный слой «зернистый материал + георешётка» (рис. 1) обладает повышенной жёсткостью, прочностью, распределяющей способностью, стойкостью к воздействию динамических

нагрузок и неравномерных деформаций. При использовании в качестве заполнителя материалов и грунтов, укрепленных неорганическим вяжущим, обеспечивается регулируемое трещинообразование, что позволяет повысить трещиностойкость дорожной конструкции [1].

Как учесть влияние объёмной георешётки на характеристики конструкции дорожной одежды в системе IndorPavement?

Расчёт конструкции дорожной одежды — процесс непростой и трудоёмкий, а применение современных геосинтетических материалов усложняет его ещё больше. Гораздо удобнее и эффективнее воспользоваться для расчёта специализированным программным продуктом. Одним из таких продуктов является система расчёта дорожных одежд IndorPavement (ООО «ИндорСофт», г. Томск).

Система поддерживает все основные стандарты и методики России, Казахстана и СССР, что позволяет производить расчёты дорожных одежд для нового строительства, а также делать оценку существующих конструкций. С 2009 года система успешно используется в различных проектных институтах России и стран ближнего зарубежья [2]. Программа имеет удобный интерфейс, обширную постоянно расширяющуюся библиотеку материалов (более 1000 наименований), библиотеку транспортных средств для расчёта по условиям движения, возможности проектирования по типовым кон-



Рис. 1. Композитный слой «зернистый материал + георешётка»

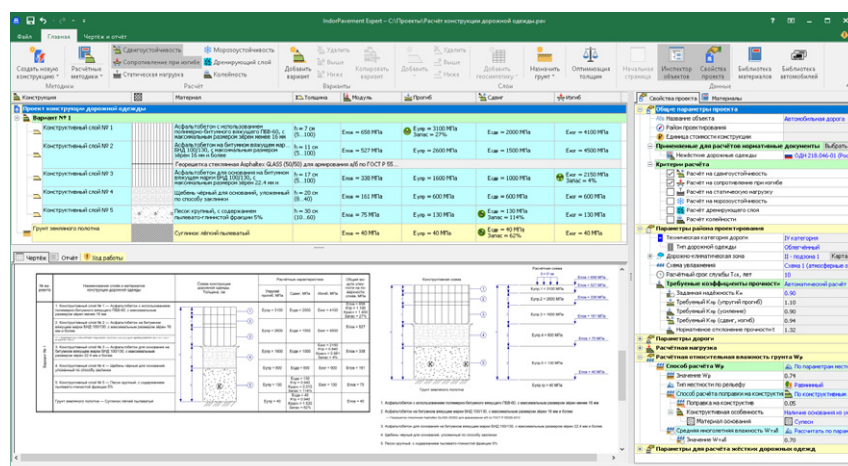


Рис. 2. Главное окно системы IndorPavement

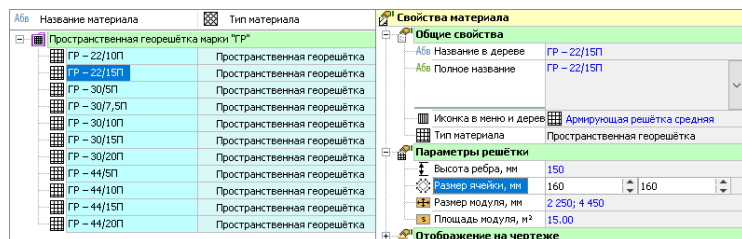


Рис. 3. Пространственные геосинтетические материалы в библиотеке IndorPavement

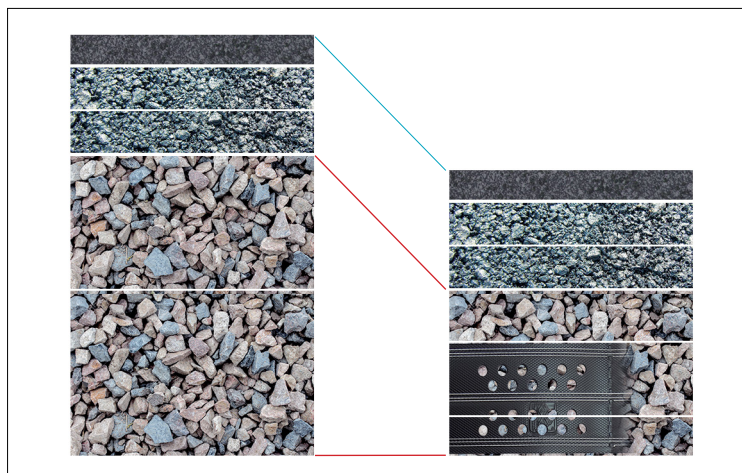


Рис. 4. Наглядное сравнение толщины конструкций с георешёткой (справа) и без (слева)

струкциям и оптимизации толщин слоёв дорожной одежды.

Для проектируемой конструкции в системе можно провести расчёт на упругий прогиб, сдвигоустойчивость, растяжение при изгибе, статическую нагрузку, колейность, а также оценить морозоустойчивость конструкции и, если это необходимо, вычислить толщины морозозащит-

ного и дренажного слоёв. При добавлении геосинтетических материалов запасы по критериям прочности (сдвигоустойчивость, упругий прогиб, в некоторых случаях сопротивление растяжению при изгибе) дорожной одежды возрастают. Для оценки степени этих улучшений в расчётах применяются методические рекомендации ОДМ 218.5.002-2008 [3], ОДМ 218.5.003-2010 [4], ОДМ 218.5.001-2009 [5] и ОДМ 218.3.032-2013 [1].

Библиотека материалов программы IndorPavement содержит все пространственные георешётки, перечисленные в ОДМ 218.3.032-2013 [1] (рис. 3), которые можно внести в конструкцию для повышения её прочностных характеристик. Кроме того, можно использовать геосетки других фирм и производителей: достаточно создать в библиотеке новый материал, заполнить его характеристики и сохранить, а затем при проектировании добавить в слой дорожной одежды.

Использование возможностей системы ускоряет процесс проектирования конструкции дорожной одежды и позволяет максимально оптимизировать её при соблюдении всех критериев расчёта (рис. 4).

Пример практического применения объёмной георешётки и расчёта конструкции дорожной одежды с её использованием

Среди вопросов, возникающих при строительстве и ремонте дорог, особое место занимает проектирование дорожной одежды для условий горной местности. Задача такого рода — разработать эффективное конструктивное решение дорожной одежды на сложном участке федеральной автомобильной дороги Р-257 «Енисей» в Красноярском крае — была по-

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг	Изгиб	Стат. нагрузка	Мороз
Проект конструкции дорожной одежды								
Вариант № 1								
Конструктивный слой № 1	ЩМА-15 щебень из осадочных и метаморфических горных пород М1000-М1200, марка битума 90/130	h = 4 см (4...20)	Е _{сдв} = 388 МПа	Е _{упр} = 3300 МПа Запас = 0%	Е _{сдв} = 1600 МПа	Е _{изг} = 3400 МПа	Е _{стат} = 430 МПа	
Конструктивный слой № 2	Асфальтобетон горячий укладки пористый II марки из крупнозернистой щебеночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130	h = 6 см (6...15)	Е _{сдв} = 310 МПа	Е _{упр} = 1400 МПа	Е _{сдв} = 612 МПа	Е _{изг} = 2200 МПа	Е _{стат} = 320 МПа	
Конструктивный слой № 3	Асфальтобетон горячий укладки пористый II марки из крупнозернистой щебеночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130	h = 6 см (6...15)	Е _{сдв} = 243 МПа	Е _{упр} = 1400 МПа	Е _{сдв} = 612 МПа	Е _{изг} = 2200 МПа Запас = 18%	Е _{стат} = 320 МПа	
Конструктивный слой № 4	Смеси щебеночные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований)	h = 18 см (7...40)	Е _{сдв} = 185 МПа	Е _{упр} = 260 МПа	Е _{сдв} = 260 МПа	Е _{изг} = 260 МПа	Е _{стат} = 260 МПа	
Конструктивный слой № 5	Смеси щебеночные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований)	h = 22 см (8...40)	Е _{сдв} = 157 МПа	Е _{упр} = 260 МПа	Е _{сдв} = 260 МПа	Е _{изг} = 260 МПа	Е _{стат} = 260 МПа	
Грунт земляного полотна	Грунт земляного полотна		Е _{сдв} = 100 МПа	Е _{упр} = 100 МПа	Е _{сдв} = 100 МПа Запас = 99%	Е _{изг} = 100 МПа	Е _{стат} = 100 МПа Запас = 162%	И _{мх} = 2 см Запас = 1 см

Рис. 5. Первоначальная схема конструкции в системе IndorPavement (без георешётки)

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг	Изгиб	Стат. нагрузка	Мороз
Проект конструкции дорожной одежды								
Вариант № 1 (активный)								
Конструктивный слой № 1	ЩМА-15 щебень из осадочных и метаморфических горных пород М1000-М1200, марка битума 90/130	h = 4 см (4...20)	Е _{сдв} = 433 МПа	Е _{упр} = 3300 МПа Запас = 12%	Е _{сдв} = 1600 МПа	Е _{изг} = 3400 МПа	Е _{стат} = 430 МПа	
Конструктивный слой № 2	Асфальтобетон горячий укладки пористый II марки из крупнозернистой щебеночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130	h = 6 см (6...15)	Е _{сдв} = 349 МПа	Е _{упр} = 1400 МПа	Е _{сдв} = 612 МПа	Е _{изг} = 2200 МПа	Е _{стат} = 320 МПа	
Конструктивный слой № 3	Асфальтобетон горячий укладки пористый II марки из крупнозернистой щебеночной (гравийной) смеси марка битума БНД-90/130	h = 6 см (6...15)	Е _{сдв} = 278 МПа	Е _{упр} = 1400 МПа	Е _{сдв} = 612 МПа	Е _{изг} = 2200 МПа Запас = 27%	Е _{стат} = 320 МПа	
Конструктивный слой № 4	Смеси щебеночные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований)	h = 7 см (7...40)	Е _{сдв} = 215 МПа	Е _{упр} = 260 МПа	Е _{сдв} = 260 МПа	Е _{изг} = 260 МПа	Е _{стат} = 260 МПа	
Конструктивный слой № 5 (активный)	Смеси щебеночные с непрерывной гранулометрией С5 - 40 мм (для оснований)	h = 15 см (8...40)	Е _{сдв} = 208 МПа	Е _{упр} = 1040 МПа	Е _{сдв} = 1040 МПа	Е _{изг} = 1040 МПа	Е _{стат} = 1040 МПа	
Грунт земляного полотна	Геоспан ОР 30/15		Е _{сдв} = 100 МПа	Е _{упр} = 100 МПа	Е _{сдв} = 100 МПа Запас = 51%	Е _{изг} = 100 МПа	Е _{стат} = 100 МПа Запас = 135%	И _{мх} = 2 см Запас = 1 см

Рис. 6. Схема окончательного варианта конструкции в системе IndorPavement (с георешёткой)



Рис. 7. Процесс укладки георешётки на участке 600—615 км автодороги Р-257 «Енисей»

ставлена перед проектной организацией ООО «Автодорпроект «Трасса». Данный участок характеризуется резкими перепадами высот, имеет большие продольные уклоны, что затрудняет решение задачи и значительно увеличивает толщину конструкции, а следовательно, и её стоимость. Толщина дорожной одежды в первом варианте составляла 56 см (рис. 5). Данный вариант подразумевал большой расход материала для укладки основания и превышал требуемую стоимость.

Тем не менее решение было найдено. Сотрудниками «Автодорпроект «Трасса» совместно с инженерами компании «Гекса» в программе IndorPavement была рассчитана конструкция с применением объёмных геоячеек (георешётки) Геоспан ОР 30/15. В качестве заполнителя использовался нижний слой основания — щебёночная смесь с непрерывной гранулометрией с размером зёрен 40 мм. По итогам подбора различных вариантов и поиска оптимального решения удалось добиться существенного сокращения толщины дорожной одежды до 38 см за счёт уменьшения слоя щебёночной смеси (рис. 6). Предложенная конструкция обладала повышенной сдвигоустойчивостью на продольных уклонах и соответствовала всем нормативным требованиям прочности.

Итоговый расчёт был проведён согласно методике МОДН 2-2001 «Проектирование нежестких дорожных одежд» [6] с учётом методических рекомендаций по применению пространственных георешёток ОДМ 218.3.032-2013 [1] и по критериям на

упругий прогиб, сопротивление сдвигу, растяжение при изгибе, статическую нагрузку соответствует нормам. Также данная конструкция была оценена как морозоустойчивая для заданных климатических условий.

Итоговое конструктивное решение получило положительную оценку ФАУ «РОСДОРНИИ». Капитальный ремонт указанного участка согласно разработанному проекту был завершён в 2016 году, а дорога до сих пор успешно эксплуатируется без серьёзных нарушений целостности дорожной одежды. На рис. 7 представлен процесс укладки объёмной георешётки на этом участке.

Вывод: почему IndorPavement?

В дорожной отрасли для увеличения прочности конструкции дорожной одежды, а также снижения затрат и оптимизации работ часто используются различные плоские и объёмные геосинтетические материалы. Система IndorPavement предоставляет возможность проведения всех необходимых расчётов для таких конструкций с учётом специальных методик по использованию геосинтетики, а также позволяет рассчитать сразу несколько возможных вариантов дорожной одежды и выбрать оптимальный. Это существенно экономит время разработчика, позволяя легко и быстро находить решения даже в сложных ситуациях. ■

Литература:

1. ОДМ 218.3.032-2013. Методические рекомендации по усилению конструктивных

элементов автомобильных дорог пространственными георешётками (геосотами). М., 2013. 75 с.

2. 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
3. ОДМ 218.5.002-2008. Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешёток) для усиления слоёв дорожной одежды из зернистых материалов. М.: Информавтодор, 2008. 113 с.
4. ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве автомобильных дорог. М.: Информавтодор, 2010. 141 с.
5. ОДМ 218.5.001-2009. Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешёток для армирования асфальтобетонных слоёв усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог. М.: Информавтодор, 2010. 82 с.
6. МОДН 2-2001. Проектирование нежестких дорожных одежд. М.: Союздорнии, 2002. 154 с.

Опыт применения IndorTrafficPlan в Томскавтодоре

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.5

Крысин П.С., ведущий инженер отдела приёмки работ, надзора за состоянием дорог и учёта дорог ОГКУ «Томскавтодор» (г. Томск)
 Шакирзянова А.М., системный аналитик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)
 Кривопапов А.Д., ведущий программист ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Описывается опыт применения и внедрения системы проектирования организации дорожного движения IndorTrafficPlan в управлении автомобильных дорог Томской области (ОГКУ «Томскавтодор»). Описываются характерные особенности системы и её преимущества для проектировщика.

Введение

Один из основных показателей эффективного управления автомобильной дорогой — её безопасность для всех участников движения. Безопасность дорожного движения обеспечивается соблюдением нормативных показателей при проектировании нового строительства/ремонта/реконструкции автомобильной дороги, а также установкой технических средств организации дорожного движения (далее — ТСОДД). К ТСОДД относятся: дорожные знаки, дорожная разметка, ограждения, искусственные неровности, светофоры и т.д. Размещение ТСОДД на каждой автомобильной дороге или даже отдельно взятом участке определяется проектом организации дорожного движения (далее — ОДД). При этом проекты ОДД, обеспечивающие безопасность движения транспортных средств и пешеходов, должны разрабатываться в соответствии с действующими в Российской Федерации техническими регламентами и документами по ОДД.

В России применение ТСОДД регламентируется рядом документов, наиболее значимым из которых является ГОСТ Р 52289–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, раз-

метки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» [1], а процесс разработки проекта ОДД, его содержание и формат — приказом Министерства транспорта РФ от 17 марта 2015 г. № 43 «Об утверждении Правил подготовки проектов и схем организации дорожного движения» [2], также в дополнение к нему многими организациями используется документ «Порядок разработки и утверждения проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах» [3].

Цели проведения работ по разработке проектов ОДД:

- обеспечение безопасности дорожного движения;
- упорядочение и улучшение условий дорожного движения транспортных средств и пешеходов;
- организация пропуска прогнозируемого потока транспортных средств и пешеходов;
- повышение пропускной способности дорог и эффективности их использования;
- организация транспортного обслуживания новых или реконструируемых объектов (отдельного объекта или группы объектов) капитального строительства различного функционального назначения;

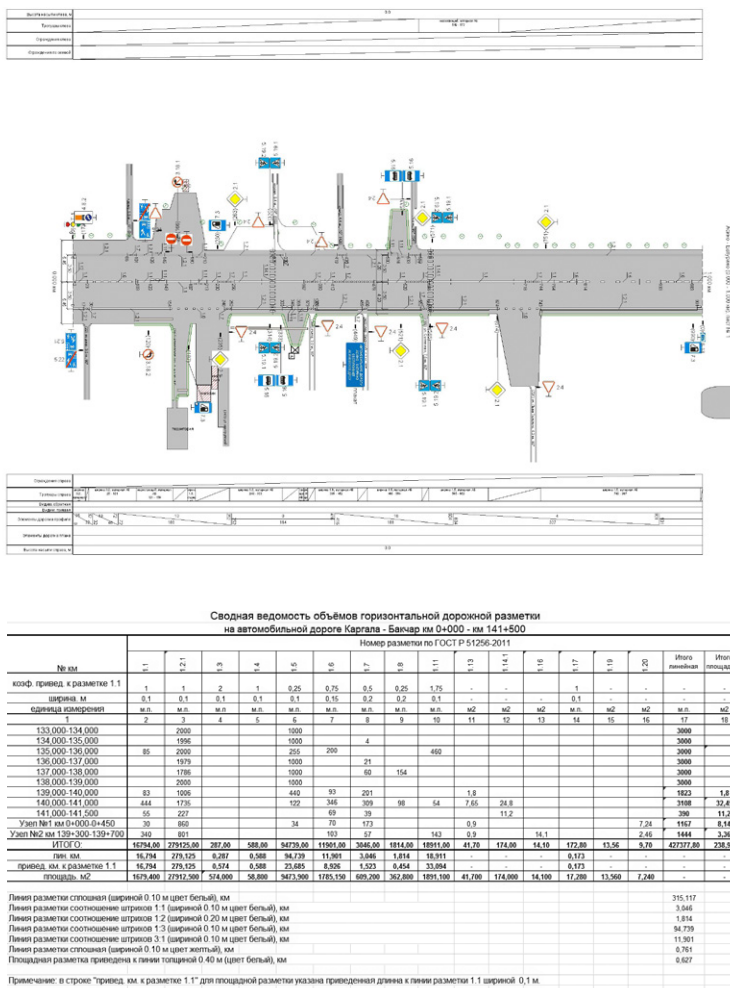
- Проекты ОДД разрабатываются в следующих случаях:

1. На период эксплуатации дорог или их участков в отношении существующих, реконструируемых, новых дорог или их участков по отдельным направлениям ОДД:

2. На период введения временных ограничений или прекращения движения транспортных средств и пешеходов по дорогам в следующих ситуациях:

3. Для маршрутов или участков маршрутов движения крупногабаритных транспортных средств.

В настоящее время в управлении автомобильных дорог Томской области (ОГКУ «Томскавтодор») на все автомобильные дороги Томской области разработаны проекты ОДД.



Согласно порядку разработки и утверждения проектов ОДД на автомобильных дорогах проекты ОДД состоят из графической и табличной части. Графическая часть — это спрямлённые линейные графики с указанием основных параметров дороги и ТСОДД и эскизы знаков индивидуального проектирования, а табличная часть представляет собой сводные ведомости, отражающие для каждого ТСОДД месторасположение на плане дороги, количество, протяжённость, материал и другие параметры. На момент разработки проектов ОДД для автомобильных дорог Томской области не существовало единой цифровой модели дорог и не было единой базы данных. Как следствие, существующие проекты ОДД были неоднородны: выполнены в разные промежутки времени, представлены в разных форматах. Проекты представляли собой отдельные, не связанные между собой графики и таблицы в файлах систем AutoCAD, IndorDraw, Microsoft Office, в файлах графических изображений, просто «на бумаге» и т.д. (рис. 1). В результате было затруднительно проверить актуальность и достоверность данных при таких объёмах.



Рис. 2. Проект IndorTrafficPlan, полученный путём экспорта данных из ГИС IndorRoad

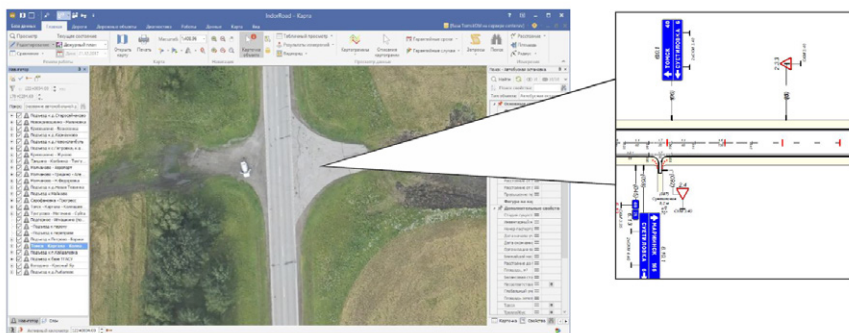


Рис. 3. Существующий проект ОДД, загруженный в ГИС IndorRoad

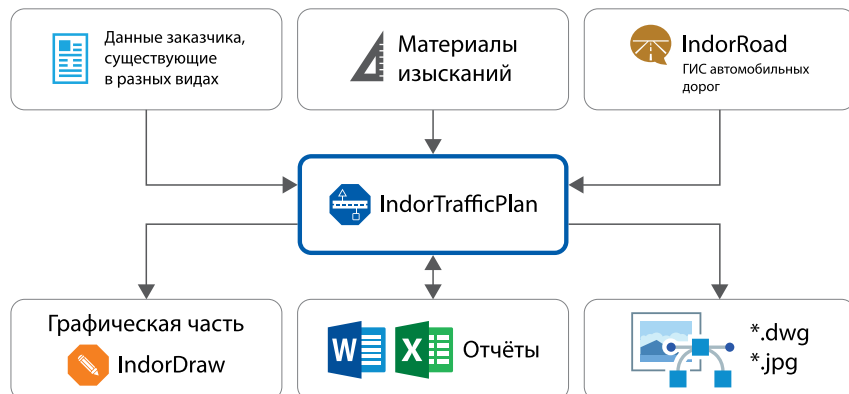


Рис. 4. Входные и выходные данные в системе IndorTrafficPlan

На локальных участках дорог специалистами ОГКУ «Томскавтодор» производилась корректировка проектов ОДД. Изменения вносились в процессе эксплуатации дорог и анализа дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в связи с изменениями в нормативных документах, касающихся безопасности дорожного движения, а также исходя из решений комиссии по безопасности дорожного движения и других факторов. Тем не менее данных корректировок недостаточно для поддержания актуальных и достоверных данных.

IndorRoad и IndorTrafficPlan в управлении автомобильных дорог Томской области (ОГКУ «Томскавтодор»)

С целью оптимизации принимаемых решений, а также развития идеи об электронном документообороте в ОГКУ «Томскавтодор» были внедрены геоинформационная система (далее — ГИС) IndorRoad («ИндорСофт», г. Томск) и система проектирования ОДД IndorTrafficPlan («ИндорСофт», г. Томск).

ГИС автомобильных дорог IndorRoad предназначена для учёта и паспортизации, управления эксплуатацией и сопровождения всего жизненного цикла автомобильных дорог. Система IndorTrafficPlan предназначена для проектирования ОДД и содержит все необходимые инструменты для создания схемы дороги, размещения ТСОДД и подготовки выходной документации в соответствии с «Порядком разработки и утверждения проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах» [3] и другими нормативными документами.

Для обеспечения целостности данных необходима увязка существующей модели автомобильных дорог в ГИС и проектов ОДД на этих дорогах (рис. 2). Разработку проектов ОДД необходимо осуществлять на основе данных ГИС с учётом существующего расположения ТСОДД, анализа ДТП, расчёта расстояний необеспеченной видимости встречного автомобиля, интенсивности движения и т.п.

Все работы, выполняемые для создания ГИС, можно разделить на четыре этапа: сбор данных, полевое обследование, наполнение базы данных

и внедрение ГИС. По результатам осуществления полевых работ и сбора данных производится наполнение базы данных автомобильных дорог в ГИС IndorRoad.

На дальнейших этапах в ГИС загружаются существующие схемы проектов ОДД с привязкой к километражу автомобильной дороги (рис. 3). Подгружаемые данные носят информативный характер, и по ним уже наносятся существующие ТСОДД. Для получения полноценной информационной модели необходимо рассматривать вопрос о следующем этапе.

На следующем этапе выполняется экспорт спроектированных и обустроенных автомобильных дорог из ГИС IndorRoad в систему проектирования ОДД IndorTrafficPlan (рис. 4). Это избавляет от необходимости создания схемы с «чистого листа», позволяя передать информацию о геометрии дороги, продольном профиле и большинстве существующих объектов инженерного обустройства и ситуации, а также сокращает время на подготовительные работы. Следовательно, дальнейшая разработка проектов ОДД осуществляется на основе данных из ГИС и разработанных ранее проектов ОДД для автомобильных дорог Томской области.

На первых этапах вносится недостающая информация. Данный процесс может происходить в нескольких режимах: графически на схеме или в табличном виде (рис. 5). При этом все объекты, изображенные в графическом виде, имеют связь с другими представлениями данных. Есть возможность посмотреть свойства объекта как на схеме, так и в табличном виде. При изменении свойства объекта на схеме автоматически меняются его табличные данные, и наоборот. Данная возможность позволяет сократить время на занесение информации и проверку правильности внесенных данных.

Также имеется возможность просмотра свойств объектов, которые не могут быть представлены графически, в табличном виде, что позволяет оперативно занести и проанализировать информацию, например об участках с небезопасной видимостью. При этом данные участки могут быть рассчитаны автоматически, что сокращает время на вычисление и внесение, в случае если данная информация отсутствует.

При создании новых объектов используются обширные встроенные библиотеки объектов ситуации и ТСОДД, реализованные согласно действующим в России и странах СНГ нормативным документам [1], с подробным указанием параметров (рис. 6). Среди них — библиотека технических условий с марками дорожных ограждений, библиотека дорожных знаков, библиотека дорожной разметки и др. Также сотрудники ОГКУ «Томскавтодор» используют встроенный редактор дорожных знаков IndorRoadSigns, который позволяет формировать чертежи стандартных дорожных знаков и создавать знаки любой кате-

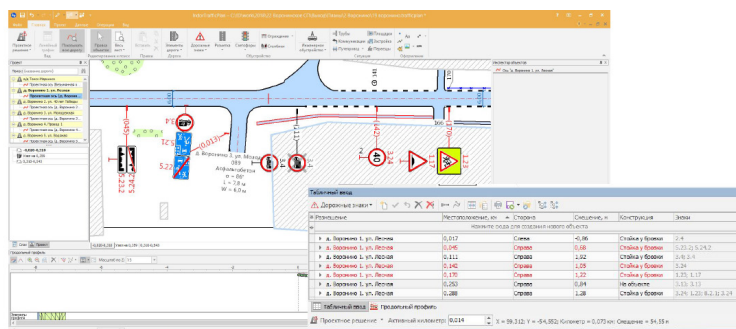


Рис. 5. Графическое и табличное представление данных в IndorTrafficPlan

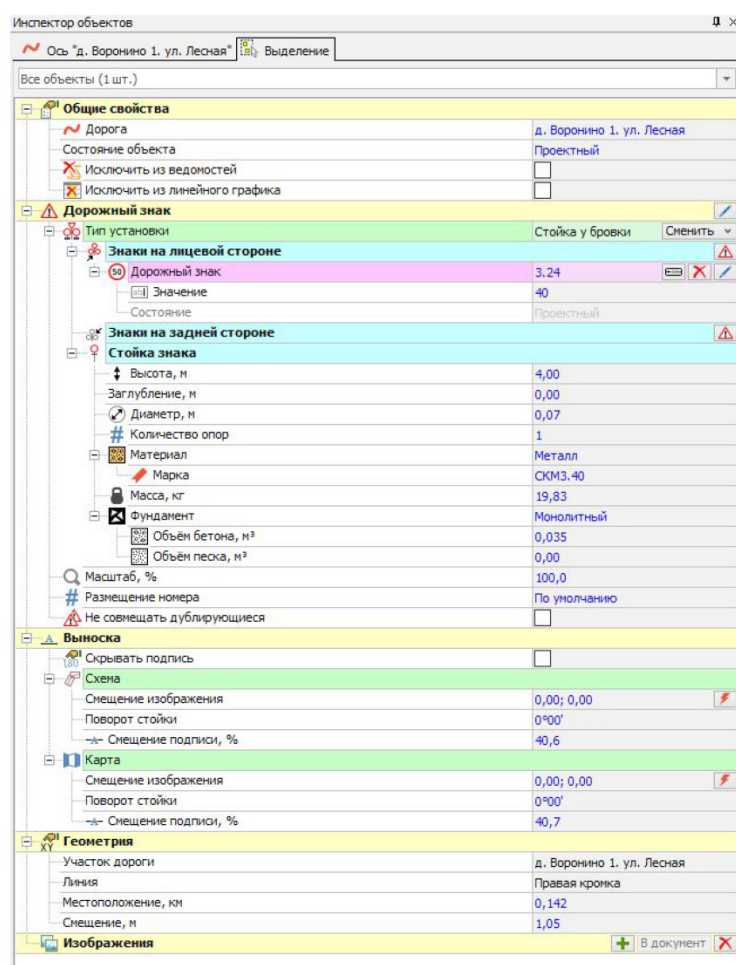


Рис. 6. Свойства дорожного знака в IndorTrafficPlan

гории сложности, в том числе знаки индивидуального проектирования.

При проектировании активно используется возможность добавления фотоматериалов к свойствам объектов для более наглядного и реалистичного представления элементов дороги, обустройства и ситуации, а также съездов и примыканий. Так, каждый сотрудник может в любой момент посмотреть исходные данные объектов и внести какие-то корректировки.

После добавления всех недостающих элементов автомобильной дороги и ТСОДД сотрудники

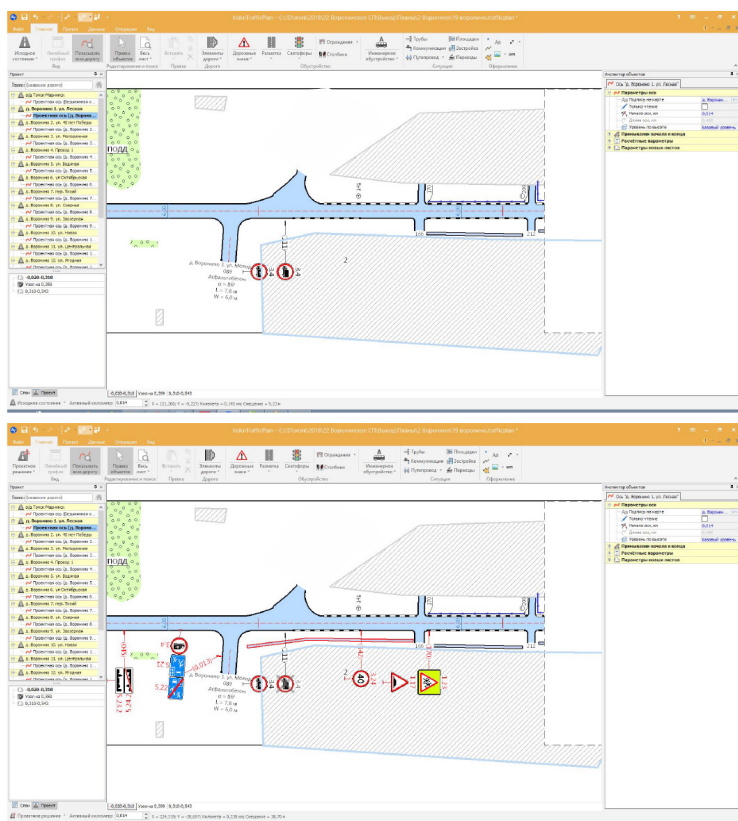


Рис. 7. Существующее и проектное решение схемы ОДД

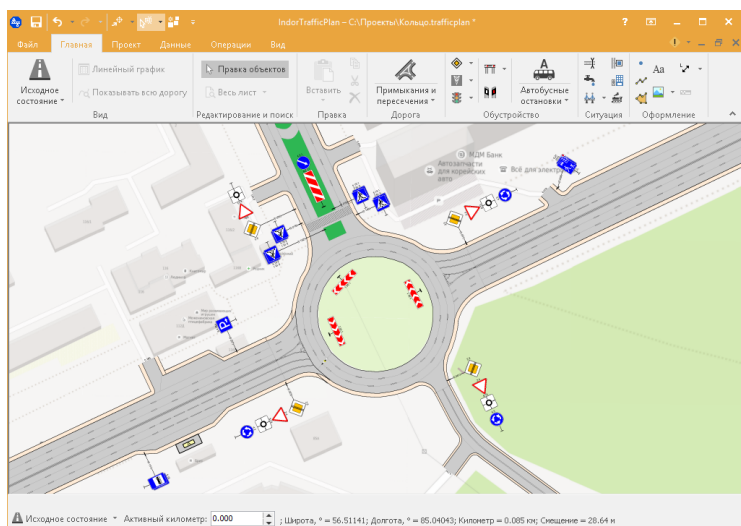


Рис. 8. Кольцевая развязка, спроектированная в системе ОДД IndorTrafficPlan

ОГКУ «Томскавтодор» начинают вносить изменения в существующую схему ОДД в случае переноса, демонтажа или новой установки ТСОДД. Для учёта существующих и проектных объектов инженерного обустройства предусмотрены разные состояния объектов (существующие, проектные и предназначенные к демонтажу) и режимы работы с проектом (режим создания исходного состояния дороги и режим создания проектного решения) (рис. 7). Такой подход позволяет

отображать на схеме различия между исходным и проектным состояниями, которые обозначаются цветами и условными знаками как на схеме, так и в табличном виде. Соответственно, сотрудники всегда могут оценить и проанализировать существующую схему ОДД и возможные варианты её оптимизации.

Сотрудники ОГКУ «Томскавтодор» активно используют специализированные инструменты в окне «Карта» для проектирования развязок и иных узлов, имеющих сложную конфигурацию. В системе IndorTrafficPlan развязки выделяются в отдельные узлы, которые не спрямляются, а изображаются на отдельных листах. Отдельным пунктом можно выделить создание кольцевых развязок. Для создания кольцевой развязки достаточно задать нужную геометрию в окне карты и замкнуть «кольцо» (рис. 8). Данная возможность значительно ускоряет процесс создания подобных развязок.

Перед итоговым формированием чертежа необходимо привести его в соответствие с требованиями заказчика: унифицировать цвета закрашки элементов дороги, шрифты, размеры подписей элементов обустройства и пр. В системе предусмотрена возможность задания индивидуальных параметров отображения и подписей для каждого типа объектов (разметка, дорожные знаки и т.д.). При этом внесённые изменения автоматически применяются ко всем объектам одного типа. Это даёт возможность значительно сократить время, затрачиваемое на оформление чертежа. Также данные настройки можно сохранить в отдельный файл, который затем может быть использован как в других проектах, так и другими сотрудниками, что позволяет избавиться от рутинной настройки оформления каждого чертежа.

Финальным этапом разработки проекта ОДД является формирование итоговых чертежей и ведомостей, которые затем будут переданы заказчику.

Готовый чертёж можно распечатать или экспортировать в файл чертёжных систем (например, IndorDraw и AutoCAD) для последующей доработки. Наличие большого набора предустановленных ведомостей (ведомость объёмов горизонтальной разметки, дорожных знаков, барьерного ограждения, остановок общественного транспорта, светофоров и др.) автоматизирует процесс формирования выходной документации (рис. 9).

Возможность внесения изменений в схемы ОДД заказчиком в процессе эксплуатации автомобильных дорог (улиц) без необходимости пересчёта объёмов «вручную» позволяет сотрудникам ОГКУ «Томскавтодор» быстро и своевременно вносить правки в уже созданные схемы ОДД и формировать итоговую актуальную документацию.

Готовый продукт

По завершении всех работ по проектированию ОДД заказчику передаются следующие документы (результаты работ) по каждой автомобильной дороге (улице).

1. Проект ОДД в двух экземплярах на листах формата А3 (297х420 мм), масштаб: горизонтальный — М 1:3000, вертикальный — произвольный, на бумажном носителе.
2. Ведомости ТСОДД и чертежи знаков индивидуального проектирования на листах формата А3 (297х420 мм) на бумажном носителе.
3. Схемы развязок и сложных пересечений (плотная застройка, изменение направления главной дороги на пересечении, пересечения и примыкания с каплевыми островами и т.п.) на отдельных листах в масштабах М 1:1000 или М 1:500 на бумажном носителе. В исключительных случаях, при больших площадях развязок, в масштабе М 1:2000.
4. Проект ОДД в электронном виде на компакт-диске CD-ROM/DVD-ROM в формате системы IndorTraffic-Plan (*.trafficplan).
5. Панорамная видеосъемка с разрешением кадра не менее 3840х1920 пикселей, с глубиной цвета 24 бита. Качество кадра должно обеспечивать читаемость дорожных знаков, в том числе километровых.

Заключение

Система IndorTrafficPlan содержит все необходимые инструменты для создания проектов ОДД и позволяет разрабатывать проекты ОДД «с нуля» и корректировать существующие схемы ОДД. При этом система позволяет значительно сэкономить время при формировании исходных данных: ведомостей, линейных графиков и узлов.

Также одним из главных достоинств IndorTrafficPlan является интеграция с ГИС IndorRoad. Благодаря такой возможности существенно сокращается время на подготовительные работы: из ГИС передается не только ось дороги, но и большинство объектов обустройства и ситуации. Следовательно, сотрудники ОГКУ «Томскавтодор» тратят гораздо мень-

Ведомость размещения дорожных знаков

д. Воронино 1. ул. Лесная

№п/п	Адрес, км.м	Расположение	Номер по ГОСТ	Типоразмер	Размер щитка, мм	Площадь щитка, м²	Материал пленки	Состояние	Конструкция установки	Кол-во опор	Фундамент, объем бетона, м³
1	0.017	На обочине слева	2.4	II	A900	0.35		Установлено	СКМ3.40	1	Монолитный 0,035
2	0.045	На обочине справа	5.23.2	II	1050×350	0.37		Требуется	СКМ3.40	1	Монолитный 0,035
			5.24.2	II	1050×350	0.37		Требуется			
3	0.111	На обочине справа	3.4	II	D700	0.38		К демонтажу	СКМ3.40	1	Монолитный 0,035
			3.4	II	D700	0.38		Установлено			
4	0.142	На обочине справа	3.24	II	D700	0.38		Установлено	СКМ3.40	1	Монолитный 0,035
5	0.170	На обочине справа	1.23	II	A900 (1034×934)	0.96		Требуется	СКМ3.45	1	Монолитный 0,035
			1.17	II	A900	0.35		Требуется			
6	0.253	На обочине справа	3.13	II	D700	0.38		Установлено	На объекте	0	
			3.13	II	D700	0.38		Установлено			
7	0.288	На обочине справа	3.24	II	D700 (900×900)	0.81		К демонтажу	СКМ3.45	1	Монолитный 0,035
			1.23	II	A900 (1034×934)	0.96		Установлено			
			8.2.1	II	700×350	0.24		Требуется			
			3.24	II	D700 (900×900)	0.81		Установлено			
8	0.367	На обочине справа	5.20	II	B700	0.49		Установлено	СКМ3.40	1	Монолитный 0,035
9	0.371	На обочине слева	5.20	II	B700	0.49		Установлено	СКМ3.40	1	Монолитный 0,035

Рис. 9. Ведомость размещения дорожных знаков, подготовленная в системе IndorTrafficPlan

ше времени на разработку проектов ОДД за счёт увязки существующей модели автомобильных дорог в ГИС IndorRoad и проектов ОДД на этих дорогах в системе IndorTrafficPlan. [\[1\]](#)

Литература:

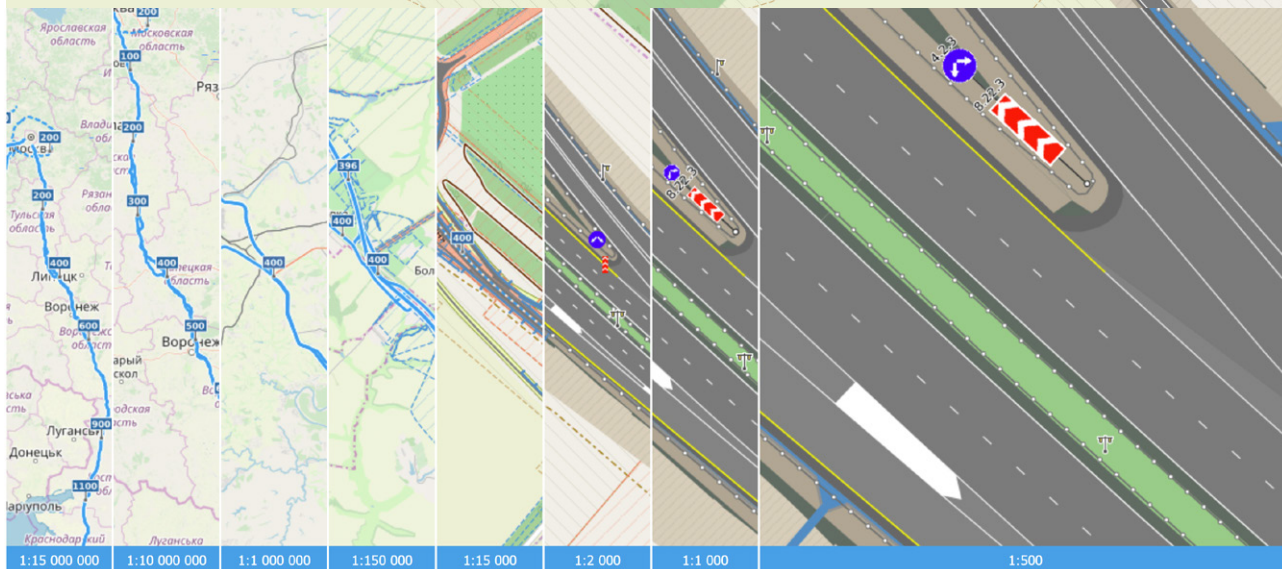
1. 52289-2004 «Технические средства организации дорожного движения правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств».
2. Приказ Министерства транспорта РФ от 17 марта 2015 г. № 43 «Об утверждении Правил подготовки проектов и схем организации дорожного движения».
3. Порядок разработки и утверждения проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах.
4. Шакирзянова А.М., Кривопапов А.Д. IndorTrafficPlan как удобный инструмент для проектирования организации дорожного движения // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017 № 2(9). С. 36–42. DOI: 10.17273/CADGIS.2017.2.4
5. Кривопапов А.Д., Петренко Д.А., Скворцов А.В. 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

Геопортал автомобильных дорог ГК «Автодор»

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.6

Дмитриенко В.Е., коммерческий директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматривается история создания и запуска в эксплуатацию геопортала автомобильных дорог ГК «Автодор». Описаны основные функции геопортала и пути расширения круга пользователей геопортала через интеграцию с разными информационными системами. Приведены примеры реализованной интеграции ГИС с внутренними и сторонними информационными системами.



В 2012 году стартовали работы по созданию пространственной базы данных платных автомобильных дорог Государственной компании «Российские автомобильные дороги». Масштабная идея о цифровизации паспортной информации по дороге, совмещении в цифровом виде данных диагностики, кадастра, данных по мостовым сооружениям и инженерной инфраструктуре дорог получила поддержку технологического лидера дорожной отрасли. Изначально были заложены достаточно широкий перечень типов объектов и исчерпывающие параметры описания каждого объекта для представления в базе данных. Было положено начало создания не только базы данных, но и подробной карты объектов с точным геометрическим описанием и однозначным адресным планом.

Создание пространственной базы данных означало также необходимость создания специализированного программного продукта для множества самых разных операций: ввод новых сведений, обновление информации, поиск объектов, формирование различных отчётов и ведомостей. Создаваемый программный продукт и пространственная база данных в совокупности получили название «Геоинформационная система ГК «Автодор», или сокращённо ГИС ГК «Автодор».

Одним из важнейших шагов для сбора пространственных характеристик было создание ведомственной опорной геодезической сети вдоль всей автомобильной дороги [1]. Это позволило провести все дальнейшие дорожные работы с высокой точностью и обеспечить единство измерений. Геодезическими GPS/ГЛОНАСС-приёмниками была произведена съёмка оси дороги и всех опорных геодезических пунктов, составлена топологически связанная карта дороги, к которой привязываются объекты дорожной инфраструктуры. Обладая точными координатами каждого километрового столба, геоинформационная система может легко преобразовывать эксплуатационный километраж в формате «километр+метры» в глобальные координаты и наоборот.

Геометрия всех объектов ГИС хранится в глобальной системе координат WGS-84 и позволяет бесшовно хранить описание линейно-протяжённых объ-

ектов, проходящих через несколько географических зон. Глобальная система координат позволяет сопоставлять на карте слои ГИС со сторонними данными, например с проектными чертежами или кадастровым планом Росреестра.

Архитектура ГИС

Технологической платформой для создания ГИС для ГК «Автодор» стал продукт отечественного производства IndorRoad (ООО «ИндорСофт», г. Томск) [2]. История создания и дальнейшего развития IndorRoad берёт начало в 2003 году, поэтому на момент выбора платформы ГИС для ГК «Автодор» уже имелся значительный опыт формирования подобного рода геопространственных баз данных в масштабах дорожной сети региона, а также на ряде федеральных автомобильных дорог в России.

Изначально ГИС в Государственной компании «Автодор» была представлена программным продуктом IndorRoad и сервером базы данных ГИС, где централизованно хранилась вся накопленная информация (рис. 1). Рабочий компьютер сотрудника должен был работать под управлением операционной системы Windows; на компьютере устанавливалась ГИС IndorRoad.

С самого начала работ программный продукт IndorRoad использовался для всех операций: ввода данных, их обновления, просмотра и анализа данных. Именно в IndorRoad добавлялись новые функции, которые требовались по ходу работ. ГИС IndorRoad стала своего рода «швейцарским ножом» — в ней были все необходимые функции,

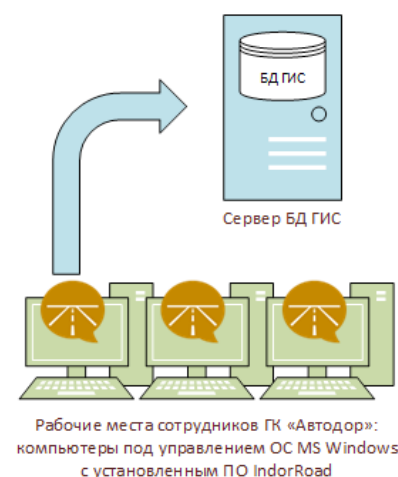


Рис. 1. Первоначальная архитектура клиент-серверной ГИС ГК «Автодор»

доступность которых определялась правами доступа.

Но со временем возникла потребность в более простом инструменте для выполнения наиболее часто требуемых операций, таких как просмотр карты, поиск объектов, просмотр паспортной информации по объектам. Специально для решения этой задачи был развёрнут и запущен в пилотную эксплуатацию геопортал ГИС ГК «Автодор» (рис. 2). Геопортал позволил получить доступ к данным геоинформационной системы с любого компьютера в Государственной компании через стандартный браузер, не требуя установки специального программного обеспечения.

Одновременно с лёгким клиентом геопортал предоставляет программные интерфейсы для взаимодействия с другими информационными системами с целью обмена полезной

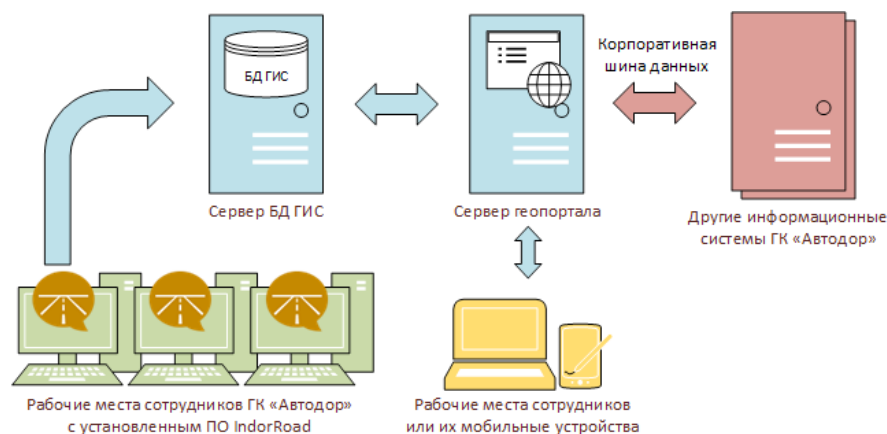


Рис. 2. Архитектура ГИС ГК «Автодор»

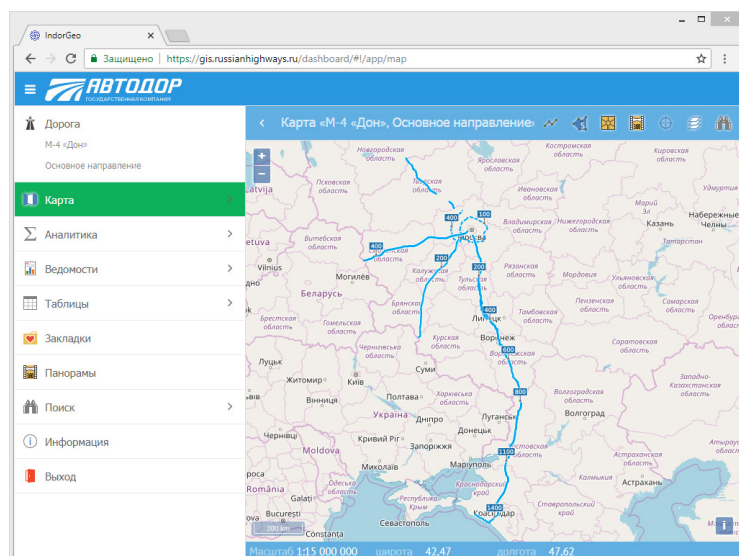


Рис. 3. Интерфейс геоportала ГИС ГК «Автодор»

информацией. В государственной компании «Российские автомобильные дороги» проводится целенаправленная работа по интеграции информационных систем, используемых в организации. Идея проста — исключить излишнее дублирование данных и оптимизировать потоки информации между системами. Для этого формируется корпоративная шина данных, где такое взаимодействие стандартизировано. Программный интерфейс ГИС должен в перспективе стать частью корпоративной шины данных ГК «Автодор» (КШД). Это позволит на порядок повысить полезный эффект от хранящихся в ГИС данных.

Геоportал ГИС ГК «Автодор» представляет собой интерактивную карту, на которой представлены все объекты ГИС (рис. 3). Слои карты отображают отдельные виды дорожных объектов (дорожные знаки, километровые столбы и пр.);

их видимость настраивается пользователем геоportала в зависимости от решаемой задачи. Карту геоportала можно совместить с данными Росреестра, аэрофотосъёмкой и другими источниками. На карте можно производить стандартные измерения и осуществлять поиск объектов.

При увеличении изображения карты становится видна подробная геометрия дорожных объектов: можно увидеть положение дорожных знаков, водопропускных труб, дорожных ограждений и т.д. (рис. 4).

Геоportал позволяет производить выборку объектов из банка данных по их характеристикам, например, можно найти все автозаправочные станции или пункты сервисного обслуживания на каком-то участке дороги (рис. 5).

Основная информация по дорожным объектам доступна для просмотра: если указать объект на карте, то открывается карточка с информацией по этому объекту. Для получения дополнительной информации по дорожным объектам можно просматривать изображения панорамной видеосъёмки (рис. 6).

Круг пользователей геоportала и потенциал его расширения

Использование ГИС приносит свою пользу не только за счёт наличия самих данных, но и во многом благодаря числу потребителей этой информации. ГИС, изначально формируемая для инженеров органов эксплуатации, показала свою востребованность во многих смежных задачах: управление земельными участками, взаимодействие с подрядными организациями, управление проектами, принятие управленческих решений. Таким образом, можно существенно повысить эффект от владения ГИС-данными, если грамотно предоставить доступ к некоторым частям базы данных третьим лицам и другим информационным системам.

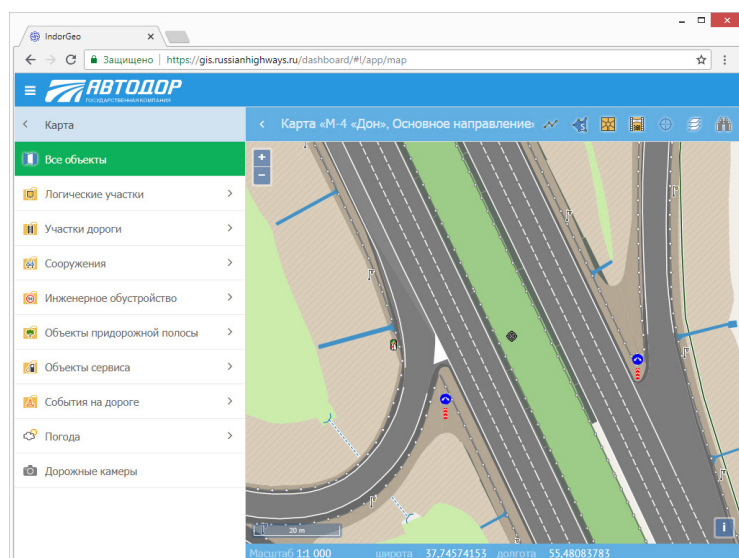


Рис. 4. Детальная карта автодороги и объектов инфраструктуры

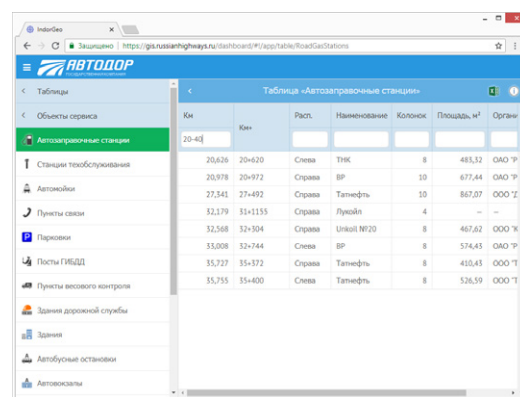


Рис. 5. Поиск и отбор объектов из базы данных ГИС

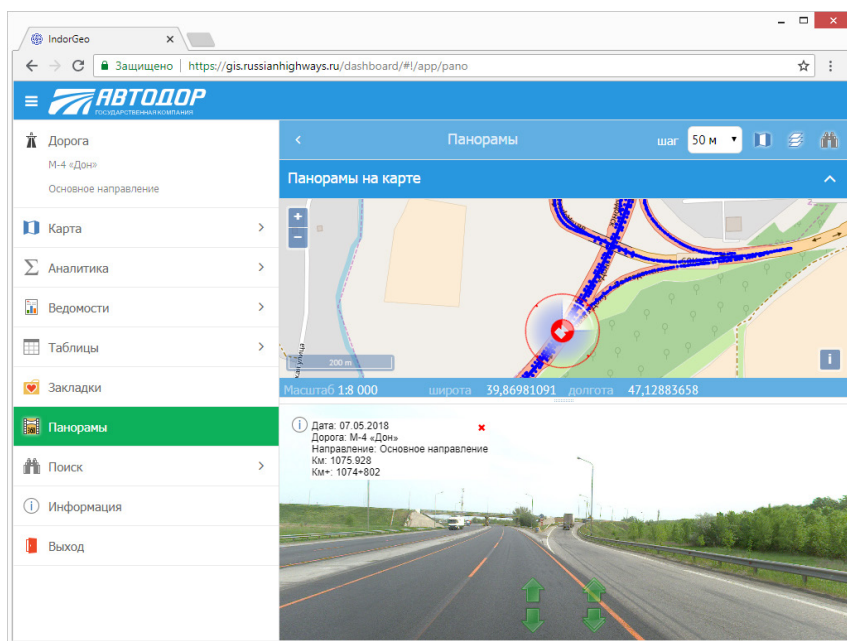


Рис. 6. Просмотр панорамной видеосъёмки дороги

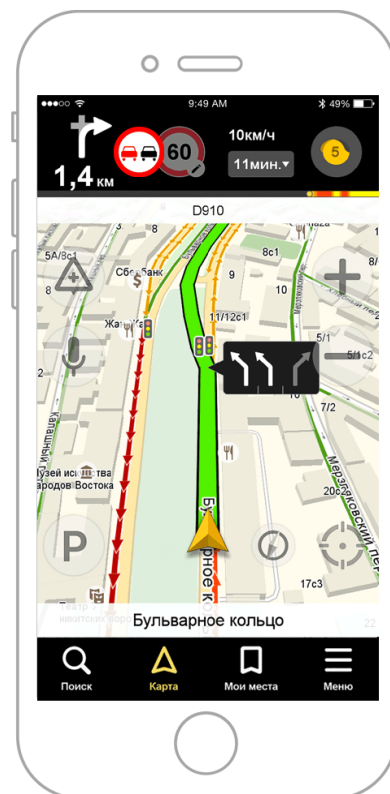


Рис. 7. Навигация с учётом действующих ограничений и дорожной обстановки

Можно существенно повысить эффект от владения ГИС-данными, если грамотно предоставить доступ к некоторым частям базы данных третьим лицам и другим информационным системам.

Сразу стоит отметить, что интеграция с информационными системами должна быть реализована в обе стороны, что подразумевает как предоставление ГИС-данных другим информационным системам, так и автоматизацию при наполнении ГИС сведениями из других информационных систем. Задачи интеграции предлагается решать инструментарием геопортала.

Приведём первый пример. Одной из важных информационных составляющих в процессе управления автомобильной дорогой являются сведения о дорожно-транспортных происшествиях. Они служат основанием для принятия решений об изменении схем движения, необходимости ремонта или реконструкции участков дороги. Источником этих данных могут служить информационные системы ГИБДД, где по каждому ДТП собирается подробная карточка происшествия с подробным описанием, схемой и координатами места происшествия. Однако на данный момент из-за ор-

ганизационных и бюрократических сложностей оперативный обмен данными с этими системами не организован. Данные приходится вносить в ГИС вручную или импортировать из файлов с существенным (до полугода) запаздыванием.

Вторым интересным примером интеграции с другими информационными системами является взаимный обмен данными с разрабатываемой в данный момент системой «КИАС Магистраль» по планированию и согласованию дорожных работ. «КИАС Магистраль» может брать из ГИС широкий спектр опорных данных: оси дорог, расположение километровых знаков, все дорожные объекты на выбранном участке дороги и их паспортные данные. А в обратную сторону эта система может предоставлять данные о запланированных на дороге работах, планируемом графике их выполнения для дальнейшего отображения этих работ на карте ГИС.

Потенциалом к интеграции с ГИС обладают и другие информацион-

ные системы: мобильное рабочее место Куратора, система управления инвестиционными проектами и ряд других. Перечисленные системы нуждаются в данных ГИС и могут быть поставщиками полезных данных для геоинформационной системы. Преимущества и синергетический эффект от интеграции получают все стороны диалога:

- исключается ручной труд по повторному вводу уже имеющихся данных;
- появляются автоматизированные механизмы регулярного переноса данных между системами;
- появляется возможность перехода пользователя из одной системы в другую с помощью ссылок.

В долгосрочной перспективе имеет смысл обратить внимание на интеграцию не только с информационными системами внутри ГК «Автодор». Потенциально возможно организовать выборочный обмен данными со смежными министерствами и ведомствами, например, с информацион-

Таблица с перечнем слоёв ГИС и потенциал раскрытия данных каждого слоя

Наименование слоя	Потенциал раскрытия данных	
	Подрядным организациям	Общественности
I Логические участки		
Рёбра дорожной сети	планирование работ и отчётность	оси дорог для навигации (упрощ.)
Участки обслуживания	зоны ответственности	сведения об обслуживающей орг.
Радиусы кривых в плане		
Прохождение по населённым пунктам	зоны ограничений	зоны ограничений
Платные участки		Планирование маршрута
II Участки дороги		
Проезжая часть	планирование работ	навигация: число полос, покрытие
Обочины	планирование работ	
Разделительные полосы	планирование работ	
Полосы уширения	планирование работ	
Тротуары, пешеходные и велосипедные дорожки		навигация
Бордюры	планирование работ	
Верх земляного полотна	планирование работ	
Откосы земляного полотна	планирование работ	
III Сооружения		
Мостовые сооружения	планирование работ (по соглас.)	
Водопропускные трубы	планирование работ	
Водоотведение	планирование работ	
Железнодорожные переезды	планирование работ	
Пересечения и развязки	планирование работ	
Съезды	планирование работ	
Снегозащитные сооружения	планирование работ	
Шумозащитные сооружения	планирование работ	
Подпорные стенки	планирование работ	
IV Инженерное обустройство		
Дорожные знаки	планирование работ	навигация, безопасность
Километровые столбы	планирование работ	навигация
Опоры элементов инженерного обустройства	планирование работ	
Дорожная разметка	планирование работ	безопасность
Светофорные объекты	планирование работ	навигация, безопасность
Ограждения	планирование работ	
Сигнальные столбики	планирование работ	
Пешеходные переходы	планирование работ	навигация, безопасность
Участки освещения	планирование работ	
Элементы АСУДД	планирование работ	
V Объекты придорожной полосы		
Земельные участки дороги	контроль полосы отвода	
Смежные земельные участки		информация об обременении
Придорожные полосы		
Прилегающие уголья		
Коммуникации	планирование работ	
Колодцы коммуникаций	планирование работ	
Озеленение	планирование работ	
Площади	планирование работ	навигация
Рекламные щиты	планирование работ	Общая информация, ROI
Стелы и памятники	планирование работ	навигация
Пункты геодезической сети	планирование работ	
VI Объекты сервиса		
Автозаправочные станции	планирование работ	навигация
Станции техобслуживания	планирование работ	навигация
Автомойки	планирование работ	навигация
Пункты связи	планирование работ	навигация
Парковки	планирование работ	навигация
Посты ГИБДД	планирование работ	навигация
Пункты весового контроля	планирование работ	навигация
Здания дорожной службы	планирование работ	навигация
Автобусные остановки	планирование работ	навигация
Автовокзалы	планирование работ	навигация
Пункты питания	планирование работ	навигация
Гостиницы	планирование работ	навигация
Пункты медицинской помощи и больницы	планирование работ	навигация
Туалеты	планирование работ	навигация
Объекты сервиса	планирование работ	навигация
Пункты оплаты	планирование работ	навигация
VII События на дороге		
Участки проведения работ	планирование работ	навигация, безопасность
Участки диагностики	планирование работ	
Пункты учёта интенсивности		
Дорожно-транспортные происшествия или участки концентрации ДТП? - вот что нужно!		

ным ресурсом «БезопасныеДороги.РФ», разработанным Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.

Подрядные организации могут планировать свои работы, получив частичный доступ к данным ГИС. А в качестве обратного полезного потока данных могут открыть доступ, например, к мониторингу расположения дорожной техники. Такая интеграция поможет автоматизировать процессы оценки качества содержания дороги.

Существенную помощь водителю при движении по дороге можно оказать, если предоставить навигационным сервисам онлайн доступ всего к нескольким слоям данных ГИС:

- Оси дорог — для того, чтобы навигационные сервисы вовремя получали изменения при ремонте и реконструкции, включая временные пути объезда.
- Дорожные знаки — для того, чтобы навигаторы предупреждали водителя о максимально допустимой скорости на данном участке и других ограничениях.

- Дорожные работы — чтобы навигаторы заранее сообщали о затруднениях (рис. 7).

Обратным полезным потоком данных от навигационных сервисов может стать статистика скоростного режима по автомобильной дороге.

Примеры реализованной интеграции ГИС

Геопортал ГИС Государственной компании «Автодор» введён в эксплуатацию в пилотном режиме в 2017 году. Кроме того, уже реализовано несколько примеров интеграции с внутренними и сторонними информационными системами, список которых приведён ниже.

Росреестр

Используя функционал геопортала, карту автомобильной дороги из ГИС можно совмещать с кадастровой картой (рис. 8), которая опубликована на сайте Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестра). Для кадастрового слоя данных можно выбрать его состав — показывать ли объекты капитального строительства, земельные участки, кадастровые кварталы, районы и округа. Щелчок мыши на объектах Росреестра на карте приводит к оперативному запросу к серверам Росреестра и отображению кадастровой карточки объекта.

В этом примере интеграции геопортал ГИС является потребителем данных из сторонней ведомственной информационной системы Росреестра.

Метеокарты

Государственная компания «Автодор» имеет в своём распоряжении сеть из более сотен метеорологических станций на эксплуатируемых автомобильных дорогах. Данные с температурных датчиков, датчиков влажности, измерителей направления и силы ветра через телематические каналы связи регулярно поступают в ГИС, где можно наблюдать историю их показаний. Особую гордость в данном примере интеграции вызывает то, что в содружестве с научно-производственным центром «Мэп Мейкер» — ведущим отечественным разработчиком и поставщиком профессиональных программных средств для метеорологов — был установлен и настроен специальный сервер рас-

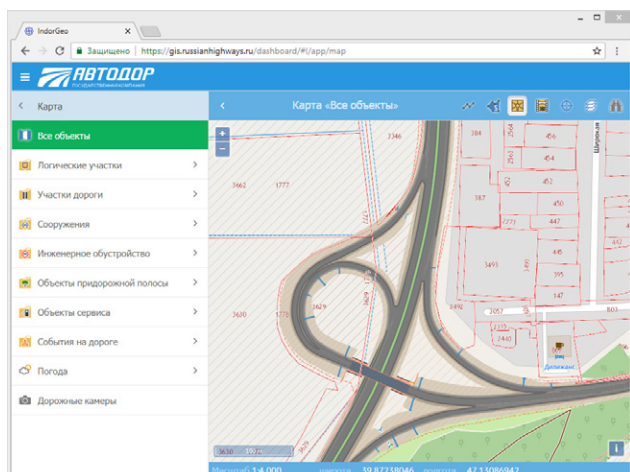


Рис. 8. Совмещение карты земельных участков Росреестра с данными ГИС ГК «Автодор»

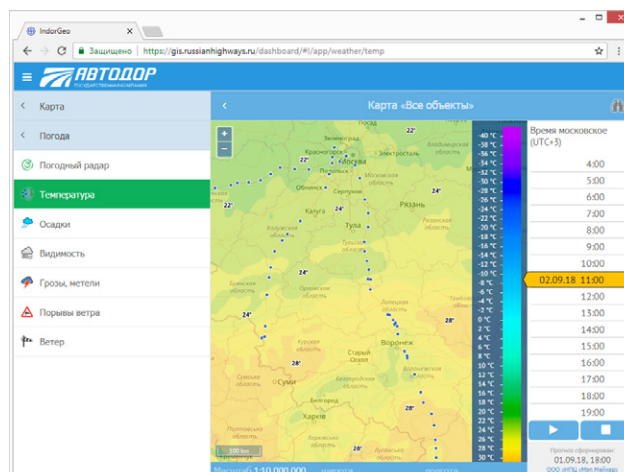


Рис. 9. Карта прогноза температуры воздуха

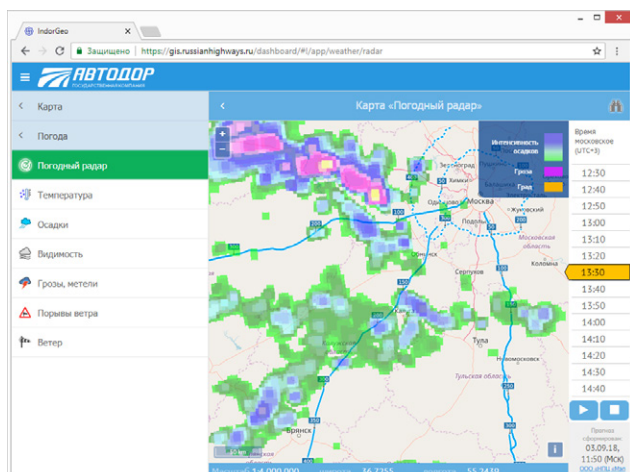


Рис. 10. Карта прогноза опасных явлений на основе показаний метеорадара

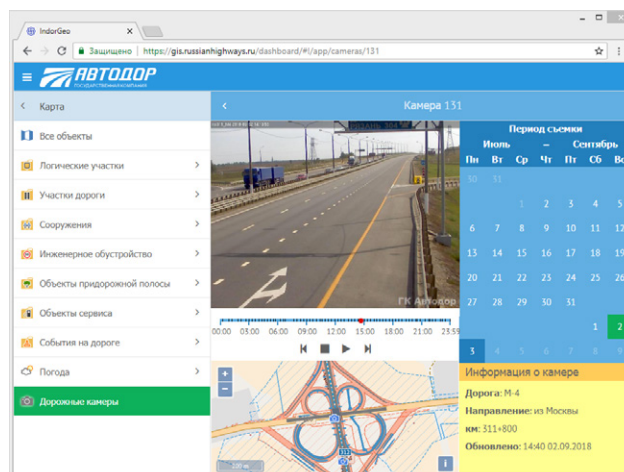


Рис. 11. Просмотр архивных данных с дорожных видеокamer

чёта прогнозов. В прогностическую дорожную метеорологическую модель, помимо данных из Европейского центра среднесрочных прогнозов ECMWF и ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», добавляются показания ведомственной сети метеостанций ГК «Автодор», что позволяет формировать прогноз, наиболее приближённый к ситуации на автомобильной дороге.

Результатом работы прогнозирующего сервера являются карты погоды и опасных явлений как в целом по районам, так и в отдельных пунктах вдоль дорог. Метеорологическая информация отображается на геоportале ГИС ГК «Автодор» с разбивкой по часам на ближайшие двое суток (рис. 9). В распоряжении пользователя геоportала имеются прогнозы температуры воздуха, осадков, средней силы ветра, максимальной скорости ветра в порывах, грозы и метелей, видимости на дороге (рис. 10).

Это пример многостороннего обмена данными: геоportал ГИС получает через КШД данные с метеостанций и отправляет их на прогностический сервер, а обратно получает готовые прогно-

зы в виде карт в векторном (масштабируемом) формате и графиков, после чего помещает их в ГИС и делает доступными пользователям.

Видеокамеры

В большинстве случаев метеостанции ГК «Автодор» снабжены видеокамерами. С регулярностью в 5–10 минут на сервера геоportала ГИС поступают обновлённые кадры с этих видеокамер. Геоportал отображает на карте расположение всех имеющихся видеокамер, позволяет просматривать последние кадры и месячный архив кадров (рис. 11).

Мониторинг транспорта

Приведём пример ещё одного действующего интеграционного решения геоportала ГИС, реализованного в настоящее время для областного государственного казённого учреждения «Управление автомобильных дорог Томской области» (Томскавтодор).

В договорах с подрядными организация-

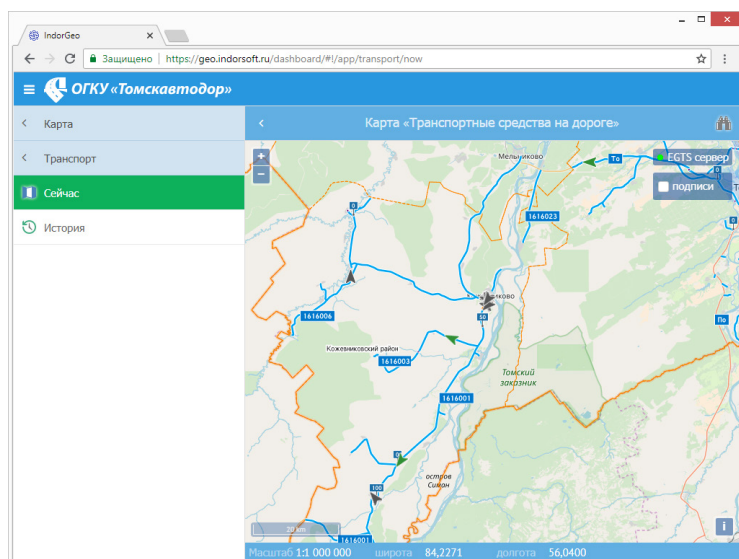


Рис. 12. Мониторинг работы дорожной техники подрядных организаций.

Нобелевский лауреат Роберт Солоу в 1987 году сказал: «Мы видим наступление компьютерной эры повсюду, только не в статистике производительности». К примеру, потребовалось 40 лет, чтобы электрификация заменила паровые технологии производства.

Томскавтодор указывает на необходимость установки и настройки ГЛОНАСС/GPS трекеров, которые регулярно отправляют через интернет сведения о местоположении транспорта и положении рабочих органов. В соответствующем этому требованию стандарту организации указана необходимость при выборе телеметрического устройства следовать Приказу Минтранса России от 31.07.2012 N 285 «Об утверждении требований к средствам навигации, функционирующим с использованием навигационных сигналов системы ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS» [3].

Специально для геопортала ГИС, установленного для Томскавтодор, был разработан модуль приёма телеметрических данных от транспорта подрядных организаций, отображение транспорта на карте, анализа передвижения и работы транспорта непосредственно на дороге (рис. 12). В дальнейшем предполагается использование этого модуля для оценки качества содержания и объёмов проделанной подрядчиком полезной работы.

Приведённый выше пример демонстрирует не только сбор данных средствами геопортала ГИС, но и дополнительный функционал по анализу накопленных данных.

Перспективы

Геоинформационная система на данный момент является хранилищем крайне важных

данных для осуществления хозяйственной деятельности ГК «Автодор». Ценность сбора, хранения и обработки этих данных повышается при условии включения ГИС в процессы управления эксплуатацией автомобильных дорог. Геопортал ГИС предоставляет необходимый инструментарий для интеграции множества информационных систем, разработки новых модулей по анализу данных, а также модулей для решения прикладных инженерных задач.

Однако следует запастись терпением, поскольку процесс предстоит небыстрый. Столь необходимые инвестиции в технологии оказывают влияние на рост производительности с ощутимой задержкой. По мнению историка экономики Пола Дэвида, существует «лаг диффузии» или «парадокс производительности», когда применение новых технологий накладывается на существующую инфраструктуру, а в результате эффективность падает, пока старые технологии окончательно не «отомрут». Нобелевский лауреат Роберт Солоу в 1987 году сказал: «Мы видим наступление компьютерной эры повсюду, только не в статистике производительности». К примеру, потребовалось 40 лет, чтобы электрификация заменила паровые технологии производства. За период перевооружения обе технологии использовались параллельно и производительность фактически снизилась. Остаётся надеяться, что современный темп жизни и скорость внедрения новых технологий позволят ощутить эффект от применения ГИС за кратно меньший срок, чем потребовалось электрическому двигателю. [1]

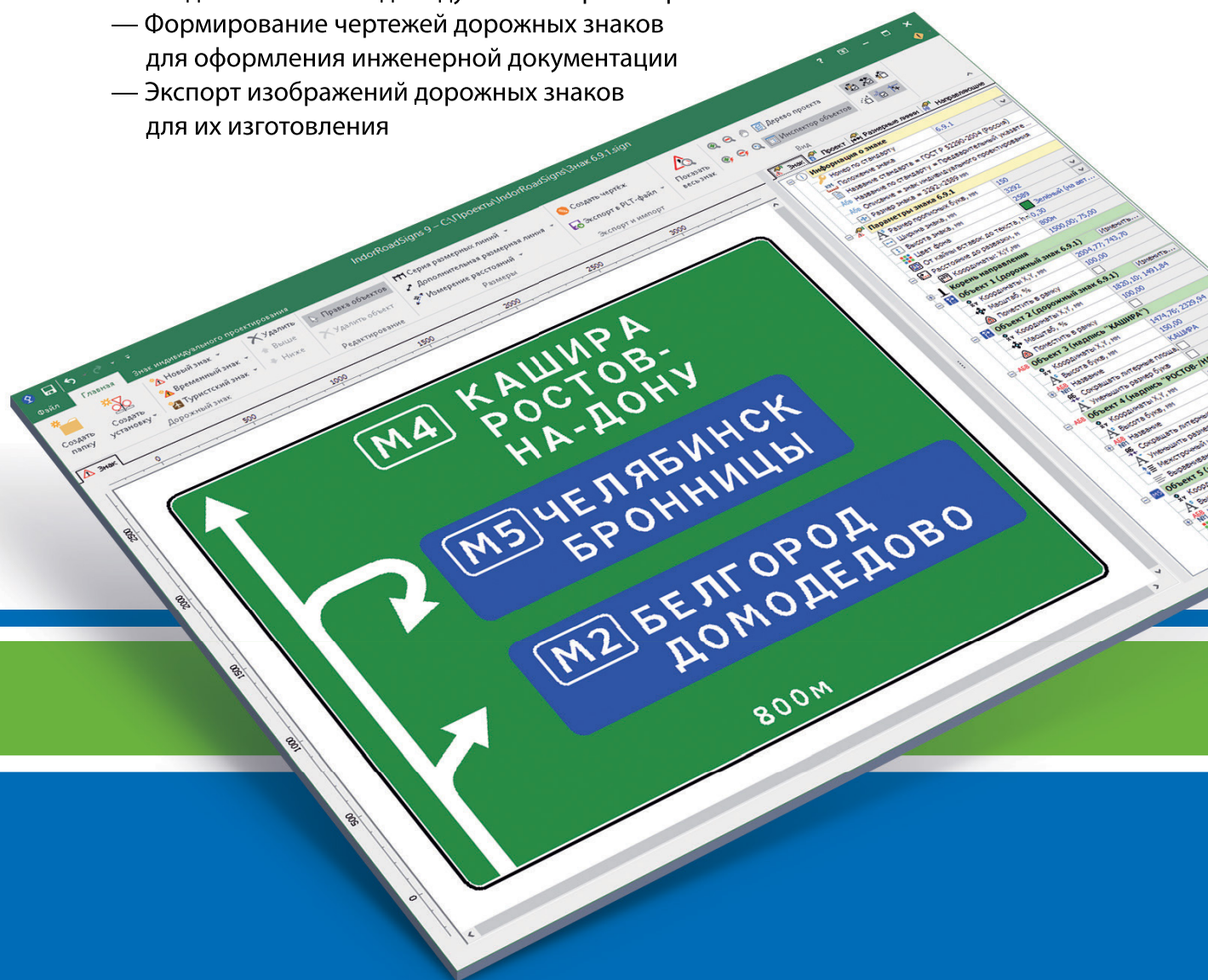
Литература:

1. Гулин В.Н., Неретин А.А. Обеспечение единого координатного пространства: результаты апробации методики создания ВОГС // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 1(6). С. 4–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.1
2. 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
3. Приказ Минтранса России от 31.07.2012 N 285 «Об утверждении требований к средствам навигации, функционирующим с использованием навигационных сигналов системы ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS».



Проектируйте дорожные знаки в IndorRoadSigns

- Оформление типовых дорожных знаков
- Создание знаков индивидуального проектирования
- Формирование чертежей дорожных знаков для оформления инженерной документации
- Экспорт изображений дорожных знаков для их изготовления



Реклама

Поддержка актуальной нормативной базы:

- ГОСТ 32945–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Знаки дорожные. Технические требования»
- ГОСТ Р 52290–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования»
- СТ РК 1125–2002 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования»
- СТБ 1140–2013 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические условия»
- ДСТУ 4100:2014 «Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування»
- ГОСТ Р 52044–2003 «Наружная реклама на автомобильных дорогах и территориях городских и сельских поселений. Общие технические требования к средствам наружной рекламы. Правила размещения»
- Методическое пособие по созданию туристских знаков, выпущенное Министерством культуры Российской Федерации в 2013 г.

Аэрофотосъёмка с БПЛА для моделирования искусственных сооружений на автомобильных дорогах

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.7

Суконников О.Г., ведущий инженер ООО «Индор-Центр» (г. Москва)

Гулин В.Н., директор ООО «Индор-Центр» (г. Москва)

Чиркина Н.И., к.т.н., доцент кафедры геодезии и геоинформатики, МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)

В данной статье кратко рассмотрены результаты эксперимента применения БПЛА в целях получения цифровых моделей искусственных дорожных сооружений, проведённого сотрудниками ООО «Индор-Центр» совместно с кафедрой геодезии и геоинформатики и дорожно-строительного факультета Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ).



Введение

С тех пор как к традиционным методам получения геопространственных данных об интересующей нас местности и существующих природных и искусственных объектах на этапе инженерных изысканий добавились методы дистанционного зондирования, в том числе аэросъёмка с пилотируемых летательных и космических аппаратов, существенно повысилась информативность и оперативность получения пространственных данных. Следующим этапом стало внедрение лазерного сканирования (как воздушного, так и наземного) и аэросъёмки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), что позволило добиться ещё большего эффекта в этом направлении. Особенно это ощутимо при исследовании протяжённых объектов, таких как автомобильные дороги [1].

Внедрение технологии информационного моделирования дорог на всех этапах их жизненного цикла [2, 3] накладывает определённые требования к получению и представлению геопространственной информации о различных объектах дорожной инфраструктуры. В этом аспекте технология аэрофотосъёмки с применением БПЛА открывает новые возможности оперативного получения цифровой информации о различных объектах, включая искусственные сооружения на автомобильных дорогах. В то же время наличие детальных цифровых моделей мостовых сооружений (путепроводов, эстакад и пр.) позволило бы повысить информативность данных об объекте «автомобильная дорога» в целом, а также вывести на новый

качественный уровень работы по строительному контролю в процессе строительства и реконструкции мостовых сооружений.

Мы пока не будем рассматривать методы лазерного сканирования, которые могут с успехом применяться для решения подобных задач [4]; заметим лишь, что эти методы требуют значительных затрат по сравнению с рассматриваемыми нами в этой статье.

Применение БПЛА

Применительно к мостовым сооружениям съёмка с БПЛА обеспечивает надёжное получение цифровых моделей верхних поверхностей таких объектов. Что касается подмостового пространства, здесь ситуация не так очевидна. Не все типы БПЛА обеспечивают возможность пролёта под мостовым сооружением для съёмки его скрытых от взгляда сверху поверхностей, да и не все типы аэрофотокамер позволяют реализовать такую съёмку. Дополнительным осложняющим фактором является тот факт, что на время пролёта БПЛА под сооружением прерывается приём спутниковых навигационных сигналов ГЛОНАСС/GPS, что исключает управление полётом БПЛА в автоматическом режиме. Целью наших работ являлось выявление возможностей этой методики и тех проблем, которые могут возникнуть на этом пути.

Конструктивная особенность камеры применяемого БПЛА заключается в том, что её ось не поворачивается в зенит и не позволяет снимать объекты, расположенные над аппаратом. Таким образом, зона охвата по верти-

кали ограничена углом обзора камеры. А поскольку нас интересует объект со всех ракурсов, то в этом случае возникает ограничение по получению снимков нижней части пролёта. Этот факт являлся отправной точкой в рамках решения задачи получения приемлемых результатов после обработки данной тестовой съёмки.

Объекты исследования

Для исследования возможности использования технологии аэрофотосъёмки с БПЛА для получения целостных цифровых моделей мостовых сооружений был проведён эксперимент по съёмке путепровода (км 63) и зверопрохода (км 78) на предпусковом участке автомобильной дороги М-11 Москва — Санкт-Петербург при поддержке ООО «Автодор-Инжиниринг» (рис. 1, 2).

Эксперимент проводился ООО «Индор-Центр» и кафедрой геодезии и геоинформатики Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) по заказу и при поддержке ООО «Автодор-Инжиниринг».

Основными целями опытных пролётов являлось следующее.

1. Оценка возможности применения БПЛА для получения полной (целостной) цифровой модели сооружения с учётом подмостового пространства и скрытых от взгляда сверху поверхностей, удовлетворяющей требованиям, приведённым выше.
2. Оценка эффективности аэрофотокамеры БПЛА для создания снимков, позволяющих сфор-



Рис. 1. Путепровод на 63-м км автодороги М-11



Рис. 2. Зверопроход на 78 км автодороги М-11

мировать пространственную цифровую информационную модель искусственного сооружения с точностью и степенью детализации, достаточной для контроля работ на стадии строительства и эксплуатации.

3. Оценка ограничения по получению снимков нижней части пролёта для применения такого типа БПЛА.

Применяемые методики

Для съёмки использовался квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro (рис. 3), который в процессе полётов управлялся в ручном режиме. Для устранения искажений модели, точной привязки её к местности и сведения результатов съёмки в единую систему координат использовались специальные кодовые марки (КМ), или опознаки, которые были закреплены на горизонтальных и вертикальных поверхностях объекта съёмки. Кодированные марки могут использоваться в качестве маркеров для задания локальной системы координат и масштаба модели или в качестве верного соответствия для повышения эффективности процедуры выравнивания фотографий. В программе PhotoScan предусмотрено автоматическое выявление и сопоставление КМ на ис-

ходных фотографиях, что позволяет сэкономить время на ручную расстановку маркеров.

Кроме того, при автоматической обработке возрастает точность проводимых операций (обнаружение КМ и расстановка маркеров).

Определение координат опознаков производилось комплектом из двух GNSS-приёмников в режиме кинематики stop-and-go, а также электронным тахеометром (рис. 4). Привязка полевой базовой GNSS-станции производилась в режиме статики от пункта IGS «Менделеево» (MDVJ), расположенного неподалёку от района работ, что позволило получить точность, необходимую для проведения подобного вида работ [5].

В процессе работ требовалось получить необходимое количество снимков для дальнейшей фотограмметрической реконструкции 3D-объекта, используя для этого специализированное программное обеспечение Agisoft PhotoScan. Корректное построение модели происходит лишь при наличии необходимого перекрытия соседних снимков как в продольном, так и поперечном направлениях. Исходя из этого было произведено избыточное количество снимков (порядка 500) с дальнейшим отбором необходимых для реконструкции.

Программа Agisoft PhotoScan позволяет после выравнивания снимков и определения положения и параметров ориентирования камер получить разреженное облако точек с трёхмерными координатами. На втором этапе Agisoft PhotoScan выполняет построение плотного облака точек на основании рассчитанных положений камер и используемых фотографий. Плотность этого облака определяется разрешением снимков и параметрами обработки, изменяемыми в зависимости от поставленной задачи. Пример плотного облака точек показан на рис. 5.

Для точной привязки реконструированной модели к местности и построения её без искажений используются опорные точки (опознаки), как отмечалось ранее. Использование опознаков позволяет привязать модель к местности с точностью до нескольких сантиметров. Фрагмент трёхмерной модели зверопрохода, текстурированный фотоизображениями, показан на рис. 6.

Как было упомянуто выше, не все необходимые ракурсы съёмки нам может обеспечить используемый БПЛА. В связи с этим было принято решение попытаться восполнить недостающие снимки при помощи смартфона Sony Xperia Z2, разрешение матрицы которого (20,7 Мп) близко к разрешению бортовой камеры БПЛА. Также была задействована имеющаяся у него функция «Геометки», позволяющая передавать в Exif-данные координаты центров фотографирования. Дополнительные наземные снимки также предполагалось дополнить для более корректной реконструкции мелких и ажурных деталей мостового сооружения, которыми являлись в основном ограждения.



Рис. 3. Внешний вид БПЛА DJI Phantom 4 Pro



Рис. 4. Определение координат опознаков на колоннах

До этого момента у нас не было подобного опыта комбинирования аэросъёмки и наземной съёмки, поэтому мы полагались лишь на заявленные возможности программного обеспечения Agisoft Photoscan. Проведя совместную обработку воздушной и наземной съёмок, мы пришли к выводу, что подобная обработка вполне допустима при соблюдении некоторых условий. К ним можно отнести технические возможности камеры для наземной съёмки и минимальное расхождение по времени съёмки с воздуха и земли.

В первом случае имеется в виду возможность вести наземную съёмку с максимальным разрешением, корректная автоматическая обработка снимков, особенно в условиях повышенной контрастности, выполнение высокоточного позиционирования центров фотографирования, которое зависит от встроенной GPS-платы. Что касается временной сдвигки между сессиями воздушной и наземной съёмок, то здесь имеется в виду недопущение значительного расхождения в обозреваемой ситуации снимаемого объекта из-за передвижения солнца и перемещения предметов в границах съёмки.

Заключение

Перечисленные факторы, к сожалению, негативно повлияли на результаты обработок наших снимков. Так, из почти ста снимков, сделанных смартфоном, в окончательном уравнивании и построении цифровой модели были использованы лишь 10 процентов из них, что не позволило нам в полной мере возместить недостающие снимки, выполненные с беспилотника. Грубое позиционирование смартфона, которое порой смещало координаты наших снимков на десятки метров и объединяло в одну пространственную точку несколько снимков, внесло значительные ошибки в формирование цифровой модели. Фактически это свело на нет положительный эффект комбинированной съёмки. Помимо этого, мы не располагали достаточно мощным компьютером для совместной обработки всех снимков, из-за чего значительно увеличилось время для получения готового результата. Но этот факт не лишает нас оптимизма в решении этой задачи. Проблемы, которые возникают при решении подобных задач, мы смогли выявить. По крайней мере, мы уже знаем, что нам для этого нужно, и предполагаем вести дальнейшие работы по совершенствованию технологии данного эксперимента.

Для оценки точности построения цифровой модели объекта мы произвели дополнительные высокоточные GNSS-измерения контрольных точек, помимо измеренных опорных точек, по которым и определялась погрешность реконструкции. Эти результаты представлены на фрагменте отчёта, генерируемого программой Agisoft Photoscan (табл. 1).



Рис. 5. Фрагмент плотного облака точек в программе Agisoft PhotoScan

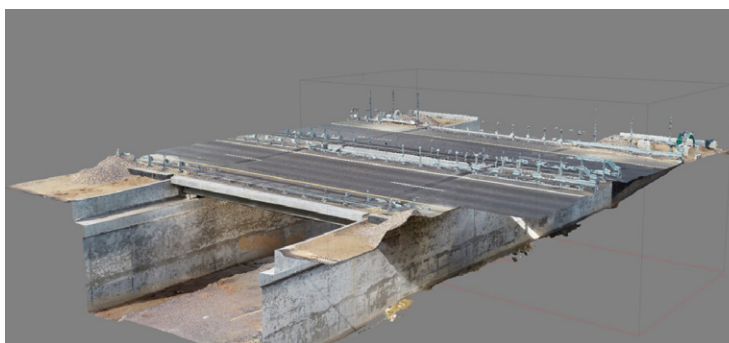


Рис. 6. Фрагмент цифровой модели зверопрохода

Проведя совместную обработку воздушной и наземной съёмок, мы пришли к выводу, что подобная обработка вполне допустима при соблюдении некоторых условий.

Как видно из представленных результатов, средняя ошибка построения цифровой модели в плане не превышает четырёх сантиметров, а по высоте — семи сантиметров.

Результатом реконструкции в Agisoft Photoscan явились плотные облака точек, сохранённых в формате LAS, которые могут быть использованы в дальнейшей обработке с целью извлечения необходимой информации из полученных цифровых моделей. Размер такого плотного облака составил порядка 65 млн пикселей. В среде Agisoft Photoscan есть возможность проводить линейные промеры между интересующими нас точками, намечая их в 3D-виде непосредственно на самом облаке. Это можно использовать в целях контроля строительных элементов.

Окончательная работа над моделями объектов ещё не завершена. Предстоит свести все резуль-

Таблица 1. Фрагмент из отчёта по оценке точности.
Контрольные точки (X — долгота, Y — широта, Z — высота)

Название	Ошибка, X (см)	Ошибка, Y (см)	Ошибка, Z (см)	Общая (см)	Фото (пикс)
S1	-2,58222	7,36923	-2,43613	8,17974	6,823 (22)
S10	1,43972	5,54583	-7,37713	9,34083	0,766 (14)
S2	-2,64851	-0,793527	-5,88763	6,5045	3,348 (19)
S4	0,661429	2,46595	0,154685	2,5578	0,303 (2)
S5	0,0677444	0,554059	-8,77924	8,79696	1,024 (4)
S7	-0,685276	-1,69453	-5,46793	5,76535	4,897 (6)
S8	-0,723877	0,329738	-9,2121	9,24638	1,907 (6)
Общая	1,56711	3,6851	6,4018	7,55108	4,403

таты съёмки каждого объекта в единые модели, что требует значительных затрат компьютерного времени обработки данных. Предполагается также варьировать методы обработки в Agisoft Photoscan. Кроме того, будут сделаны выводы о возможности и целесообразности применения данной технологии в дорожной отрасли в зависимости от поставленных задач. ■

Литература:

1. Суконников О.Г., Неретин А.А., Гурьев В.А. Анализ применимости БПЛА при геодезическом контроле строящихся и эксплуатируемых автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. № 2(9). С. 44–48. DOI: 10.17273/CADGIS.2017.2.5
2. Попов В.А., Бойков В.Н. Об информационных моделях дорог в технической политике Госкомпании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 8–12.
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. Сарычев Д.С. Мобильное лазерное сканирование // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 36–41.
5. Гулин В.Н. Эволюция методов измерений — от «Пи» до «Пи-Пи-Пи» // САПР и ГИС автомобильных дорог. — 2016. № 2(7). С. 63–69. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.5



РОСДОРТЕХ

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ



Реклама



ТЕХНОЛОГИИ И ПРОИЗВОДСТВО

Разработка и производство передвижных лабораторий, измерительных систем, приборов и оборудования



ИНЖЕНЕРНЫЕ УСЛУГИ

Технический учёт, паспортизация, диагностика и инвентаризация автомобильных дорог



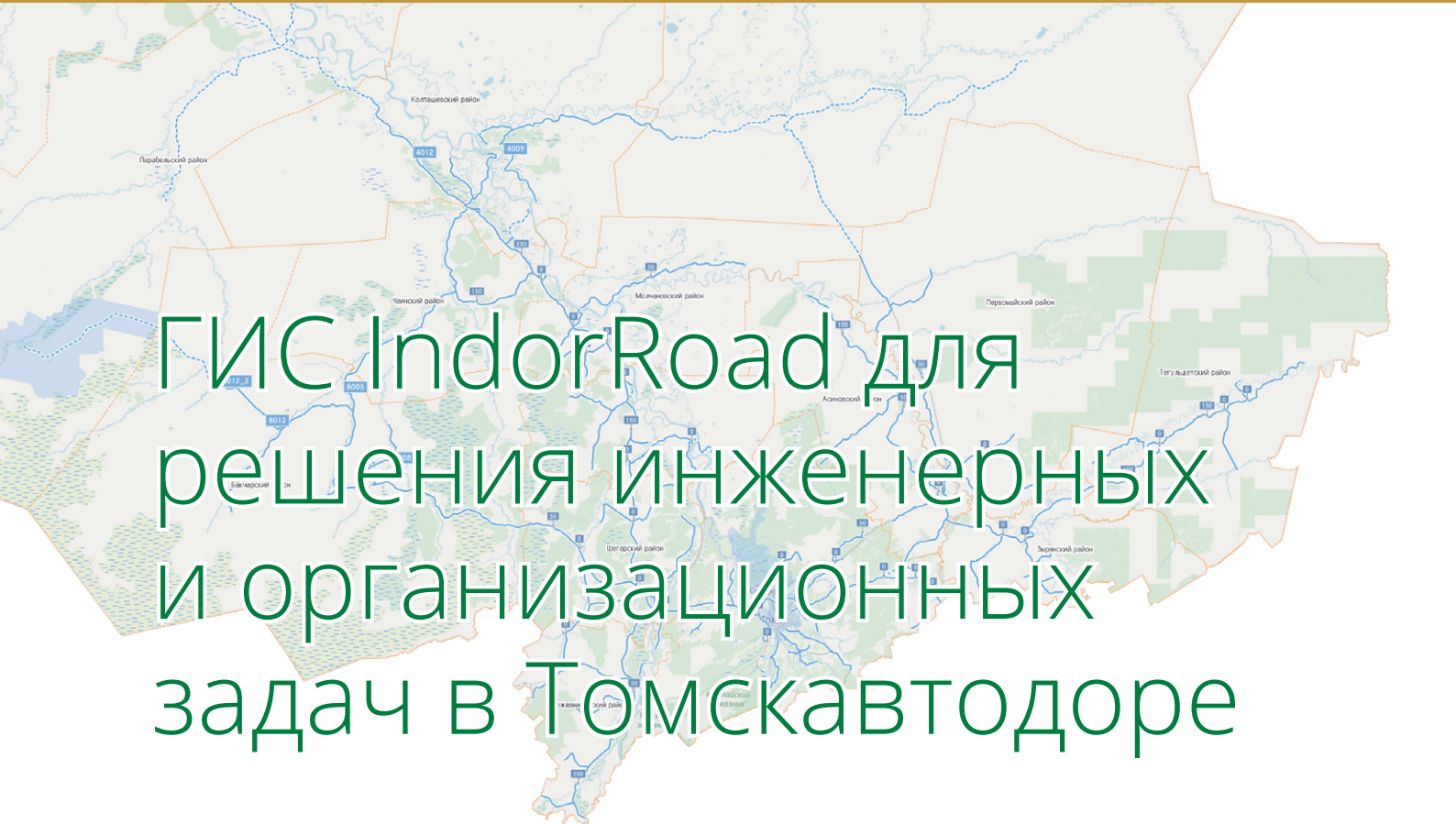
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Разработка и внедрение специализированного программного обеспечения

АО «СНПЦ РДТ»
410044, Г. САРАТОВ, ПР. СТРОИТЕЛЕЙ 10А
ТЕЛ.: (8452) 62-07-50; 62-66-86

INFO@ROSDORTEH.RU
ROSDORTEH.RU





ГИС IndorRoad для решения инженерных и организационных задач в Томскавтодоре

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.8

Крысин П.С., ведущий инженер отдела приёмки работ, надзора за состоянием дорог и учёта дорог
ОГКУ «Томскавтодор» (г. Томск)

Шакирзянова А.М., системный аналитик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Описывается опыт внедрения геоинформационной системы IndorRoad в Управление автомобильных дорог Томской области (ОГКУ «Томскавтодор»). Рассматриваются основные этапы создания ГИС по районам Томской области и ключевые особенности системы.

Внедрение ГИС IndorRoad

С целью оптимизации принимаемых инженерных и административных решений в Управлении автомобильных дорог Томской области (ОГКУ «Томскавтодор») внедряется геоинформационная система (далее — ГИС) IndorRoad [1] («ИндорСофт», г. Томск). Внедрение ГИС осуществляется с 2015 г. (рис. 1).

Созданием данной ГИС, от сбора и обработки данных до представления информации в удобном для её использования виде, занимается компания «ИндорСофт» [2].

Для реализации полного цикла работ у компании «ИндорСофт» есть всё необходимое:

1. современное оборудование для мобильного лазерного сканирования, панорамной аэросъёмки;

2. программное обеспечение для управления жизненным циклом автомобильных дорог, разработанное непосредственно компанией «ИндорСофт»;
3. квалифицированные сотрудники.

В первый же год «Томскавтодор» получил в пользование ГИС с данными о 500 км дорог Томского района и успешно использовал систему для принятия инженерных и управленческих решений при эксплуатации автомобильных дорог.

В 2016 г. ГИС пополнилась информацией о дорогах шести южных районов области и объединила в себе данные геодезических изысканий и лазерного сканирования, ортофотопланы, панорамные видеоряды и другую информацию, собранную в результате полевых обследований дорог общей протяжённостью более 1600 км.

В 2017 г. в ГИС были добавлены дороги ещё трёх районов.

В 2018 г. дорожная лаборатория «ИндорСофт» собрала информацию о состоянии объектов, уже внесённых в базу, а также провела обследование дорог Шегарского района.

Компания «ИндорСофт» продолжает создавать комплексную информационную модель автомобильных дорог Томской области. За 4 года были собраны, обработаны и визуально представлены в единой системе данные о дорогах 9 районов Томской области общей протяжённостью 2672 км. ГИС внедрена на рабочих местах «Томскавтодора» и применяется специалистами при решении вопросов об управлении и эксплуатации дорог.

База данных ГИС содержит в себе все геометрические параметры автомобильной дороги и искусственных сооружений на ней, паспорта объектов, кадастровые паспорта земельных участков.

На этом компания «ИндорСофт» не планирует останавливаться: в 2019 г. планируется обследование ещё двух районов Томской области.

Опытная эксплуатация системы сотрудниками ОГКУ «Томскавтодор»

Собранные данные о дорогах Томской области были обработаны и внесены в базу ГИС, а система IndorRoad внедрена в ОГКУ «Томскавтодор» (рис. 2). На рабочих местах пользователей была развёрнута клиентская часть ГИС, предоставляющая полный доступ к электронному

Томская область

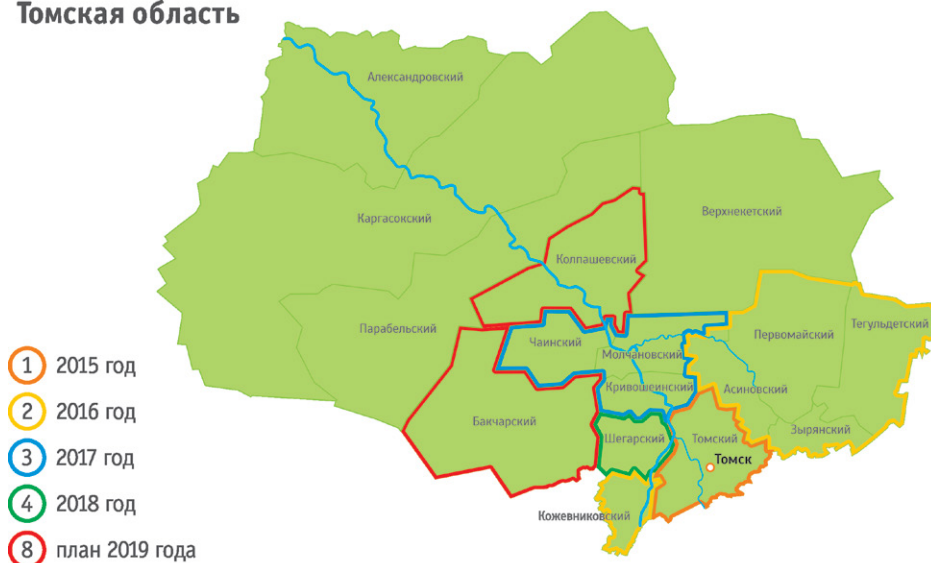


Рис. 1. Этапы внедрения ГИС IndorRoad

плану местности и всей атрибутивной информации, имеющейся в системе. В ходе опытной эксплуатации было произведено обучение персонала ОГКУ «Томскавтодор» работе с созданной системой. По результатам опытной эксплуатации компания «ИндорСофт» произвела доработку системы по требованиям заказчика, и далее система была передана в промышленную эксплуатацию.

В ходе эксплуатации сотрудниками были отмечены ключевые особенности и преимущества системы, среди которых — представление сети дорог от обзорной карты до подробного плана (рис. 3). В режиме общего обзора карты автомобильных дорог удоб-

нее всего решать такие задачи, как планирование инвестиций и укрупнённое управление строительством, реконструкцией, ремонтами и содержанием. При детальном просмотре, когда виден подробный план участка сети дорог, удобно решать задачи управления земельно-имущественным комплексом и вопросы со смежниками, прорабатывать мероприятия по безопасности дорожного движения (далее — БДД), изучать локальную ситуацию с дефектами, искусственными сооружениями и т.д. (рис. 4).

Помимо этого, ГИС используется для оперативного ведения всей технической информации по сети автомобильных дорог и искусственным сооружениям в электронном виде. На план накладываются результаты диагностики, привязываются участки проведения дорожных работ, проектные материалы. Это позволяет решать задачи эксплуатации, землеустройства, ведения проектной документации, контролирования ремонтов, реконструкций и нового строительства. Результаты диагностики отображаются как на карте, так и в табличном виде, а также участвуют в формировании ведомостей.

На основе данных диагностики вычисляются коэффициенты расчётной скорости, комплексный показатель транспортно-эксплуатационного состояния дороги, показатель инженерного оборудования и обустройства, показатель уровня содержания [3].



Рис. 2. Выполненные работы по созданию ГИС Томской области

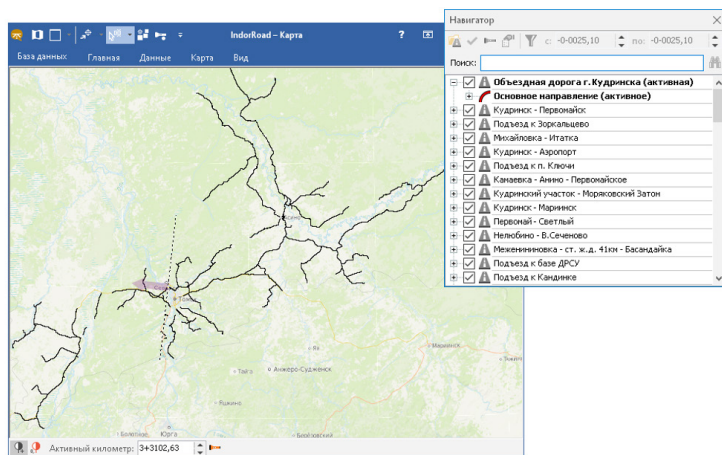


Рис. 3. Сеть дорог Томской области (обзорная карта)

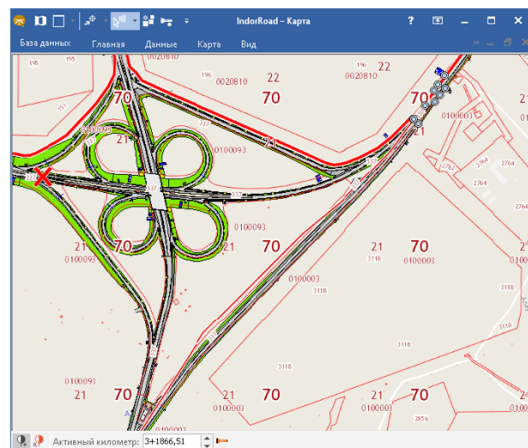


Рис. 4. Клеверная развязка на северном подъезде к Томску (подробный план)

С помощью ГИС IndorRoad сотрудниками ОГКУ «Томскавтодор» проводится всесторонний анализ данных о дорожно-транспортных происшествиях (далее — ДТП), включая изучение информации о ДТП и его участниках, оценку состояния дорожного покрытия, изучение данных о ситуации. Удобные инструменты визуализации позволяют отображать ДТП на карте, обозначая их типы, наличие пострадавших, а также способствующие дорожные условия. С помощью этих данных можно наглядно продемонстрировать опасные участки дороги для последующей разработки комплекса мер по повышению БДД [4].

Использование ГИС IndorRoad в управлении процессом эксплуатации дороги позволяет своевременно вносить и оперативно получать сведения о гарантийных обязательствах подрядных организаций. Учёт гарантийных обязательств в ГИС позволяет контролировать их исполнение, выявляя участки дороги, где в ближайшее время, например в течение одного-двух месяцев, истекают гарантийные обязательства. При возникновении гарантийного случая система поможет выявить наличие гарантийных обязательств на отдельные объекты, их конструктивные элементы и определить подрядчика, выполнявшего соответствующие работы. Подробная информация о возникших в процессе эксплуатации гарантийных случаях даёт возможность эксплуатирующим организациям сделать важные выводы о транспортно-эксплуатационном состоянии различных дорожных объектов и всей дороги в целом, а также о качестве производимых работ подрядчиками работ [5].

Также к базе данных подключаются данные о поверхности дороги, которые используются для визуального представления модели в 3D-виде (рис. 5). 3D-модель позволяет автоматически решать задачи по определению некоторых видов дефектов покрытия проезжей части и земляного полотна, высоты насыпей, продольных и поперечных уклонов.

Вся хранимая в IndorRoad дорожная информация при необходимости предоставляется в наглядном виде для подготовки отчётной документации или презентационных материалов. К таким материалам относятся линейные графики, альбомы с участками карты, файлы изображений, различные отчёты и ведомости, в том числе технический паспорт дороги.

Система IndorRoad как полноценная система электронного документооборота

Благодаря инструментам ГИС IndorRoad в ОГКУ «Томскавтодор» поддерживается процесс обработки документов в электронном виде между пользователями различных структурных подразделений (отделов) и руководством. При этом для каждого подразделения и пользователя назначен свой уровень доступа к данным системы, что позволяет обеспечить более эффективную работу и защитить систему от случайной потери данных. Система поддерживает разные уровни прав доступа к функционалу системы, которые определяет администратор системы:

- просмотр;
- редактирование;
- удаление;
- назначение прав.

Актуализация данных

После наполнения базы данных ГИС возникает необходимость актуализации данных, которые изменяются в процессе эксплуатации автомобильных дорог. В данном случае изменения в ГИС должны вноситься по мере поступления данных об изменениях. Только в этом случае можно добиться поддержания актуальной и достоверной информации.

Необходимо вносить изменения в данные ГИС при:

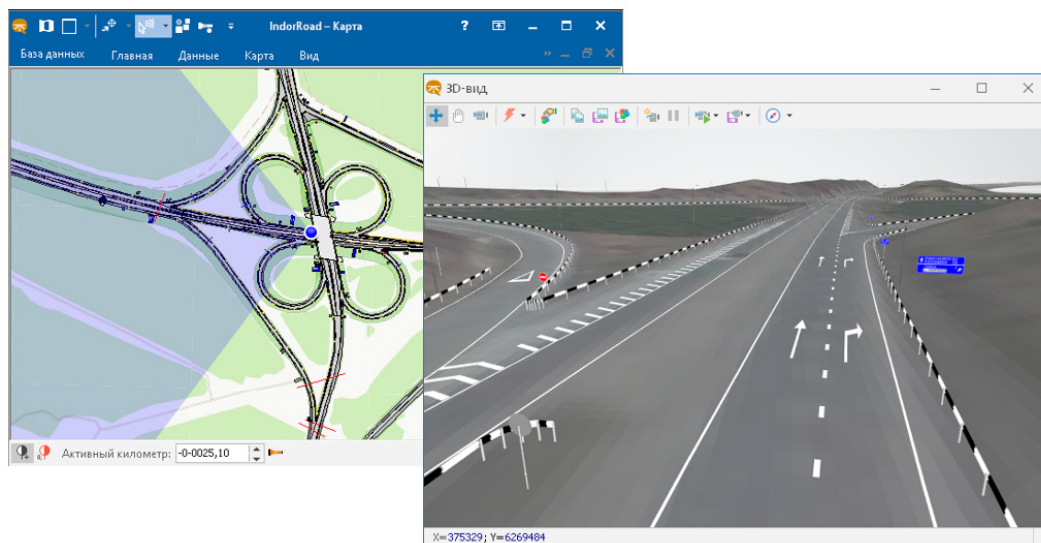


Рис. 5. 3-D вид развязки на северном подъезде к Томску

1. ремонте, реконструкции, строительстве автомобильной дороги или её участка (исполнительная документация);
2. диагностике технического состояния автомобильных дорог;
3. установке или изменении дислокации техническими средствами организации дорожного движения;
4. выдаче технических условий на строительство дорожного сервиса, примыканий и т.п.;
5. изменении технического состояния искусственных сооружений;
6. поступлении информации о дорожно-транспортных происшествиях (причины, сопутствующие условия и т.п.);
7. других изменениях элементов автомобильных дорог и событий.

Заключение

Главный принцип, лежащий в основе работы ГИС IndorRoad, — представление точной, измеряемой модели автомобильных дорог и искусственных сооружений в трёхмерном виде в глобальной системе координат и привязка всей остальной дорожной информации (данных диагностики, видеорядов, карточек и т.п.) к этой модели. IndorRoad решает очень важную задачу по точной адресации объектов на дороге.

Модель дороги в IndorRoad обновляется в оперативном режиме (диспетчер, осмотры кураторов, данные съёмки, диагностики и т.п.). Участки после капитального ремонта, рекон-

струкции и нового строительства добавляются в систему по мере поступления материалов исполнительной съёмки. Таким образом, ГИС IndorRoad в ОГКУ «Томскавтодор» предоставляет актуальную информацию об автомобильных дорогах Томской области на любой момент времени. А поддержка электронного документооборота между пользователями различных структурных подразделений (отделов) и руководством позволяет обеспечить более эффективную работу. ■

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. Блинов Д.С. Создание ГИС дорог на примере опыта компании «ИндорСофт» при создании ГИС дорог Томской области // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. № 2(9). С. 49–64. DOI: 10.17273/CADGIS.2017.2.6
3. Князюк Е.М., Субботин С.А. ГИС IndorRoad для анализа данных диагностики автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 2(7). С. 54–59. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.3
4. 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
5. Скачкова А.С., Субботин С.А., Кривых И.В. 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

Эксперт с большой буквы

Персона:
Фортуна
Юрий
Алексеевич

Условные обозначения:

- Примечание:
1. Система высот - Балтийская, системы координат - Москва 1959
 2. Границы зон охраны в соответствии с проектом реконструкции
 3. Данный профиль соответствует направлению Дубовый-Алау

833-09-01-А2-1102									
№	Пол	Имя	Фамилия	Дата	Возраст	Стаж	Стаж	Стаж	Стаж
1	Муж	Иван	Иванов	1950	65	30	30	30	30
2	Жен	Мария	Петрова	1955	60	25	25	25	25
3	Муж	Сергей	Сидоров	1960	55	20	20	20	20
4	Жен	Елена	Климова	1965	50	15	15	15	15
5	Муж	Александр	Васильев	1970	45	10	10	10	10
6	Жен	Зинаида	Попов	1975	40	5	5	5	5
7	Муж	Владимир	Морозов	1980	35	0	0	0	0
8	Жен	Галина	Новикова	1985	30	0	0	0	0
9	Муж	Дмитрий	Соколов	1990	25	0	0	0	0
10	Жен	Светлана	Леонова	1995	20	0	0	0	0

Схема транспортной развязки "км 172 в/д М-27 Дубовый-Солн"

Устройство участка Сабур-Кабанский
включая ВПП на участке Троице-Алау

Данные по участку									
№	Пол	Имя	Фамилия	Дата	Возраст	Стаж	Стаж	Стаж	Стаж
1	Муж	Иван	Иванов	1950	65	30	30	30	30
2	Жен	Мария	Петрова	1955	60	25	25	25	25
3	Муж	Сергей	Сидоров	1960	55	20	20	20	20
4	Жен	Елена	Климова	1965	50	15	15	15	15
5	Муж	Александр	Васильев	1970	45	10	10	10	10
6	Жен	Зинаида	Попов	1975	40	5	5	5	5
7	Муж	Владимир	Морозов	1980	35	0	0	0	0
8	Жен	Галина	Новикова	1985	30	0	0	0	0
9	Муж	Дмитрий	Соколов	1990	25	0	0	0	0
10	Жен	Светлана	Леонова	1995	20	0	0	0	0

Данные по участку									
№	Пол	Имя	Фамилия	Дата	Возраст	Стаж	Стаж	Стаж	Стаж
1	Муж	Иван	Иванов	1950	65	30	30	30	30
2	Жен	Мария	Петрова	1955	60	25	25	25	25
3	Муж	Сергей	Сидоров	1960	55	20	20	20	20
4	Жен	Елена	Климова	1965	50	15	15	15	15
5	Муж	Александр	Васильев	1970	45	10	10	10	10
6	Жен	Зинаида	Попов	1975	40	5	5	5	5
7	Муж	Владимир	Морозов	1980	35	0	0	0	0
8	Жен	Галина	Новикова	1985	30	0	0	0	0
9	Муж	Дмитрий	Соколов	1990	25	0	0	0	0
10	Жен	Светлана	Леонова	1995	20	0	0	0	0

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.9

Персона: Фортуна Ю.А., главный специалист ООО «ИнжПроектСтрой» (г. Краснодар)

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

Для меня большая честь быть представленным на страницах журнала «САПР и ГИС автомобильных дорог».

Ваше предложение об интервью заставило меня задуматься над вопросом: «А что, собственно, мною было сделано такого, что я удостоился этой чести?» Личность-то я ничем не примечательная, как многие другие. Однако, переосмыслив на склоне лет всё, что было сделано в профессии дорожника за трудовой период жизни — а это 50 с лишним лет, — я подумал, что стыдиться за «бесцельно прожитые годы» мне не нужно.

Не помню, чьи это слова: «Каждый работает как умеет, важен результат». Я считаю, что результат от любой работы непременно должен быть ощутимым, положительным и общественно полезным. Не люблю «говорильни», работа ради работы — это не для меня.

— Традиционный вопрос, который мы задаём нашим «персонам»: как Вы пришли в профессию?

В профессию инженера-дорожника меня привела стеснительность. Я мечтал стоять за кульманом, что-нибудь конструировать, поэтому подал документы на механический факультет во Фрунзенский политехнический институт (ФПИ) (совр. Кыргызский государственный технический университет). Но не прошёл по конкурсу. Когда сдавал вступительный экзамен по физике, один преподаватель, проведя пальцем по стопке лежащих на столе документов, сказал другому на киргизском языке: «Ого, уже 52 пятёрки поставили, может, достаточно?» Второй согласно кивнул, поставили 4. Киргизский язык я знал, но постеснялся и промолчал. В результате недобрал один балл, и мои документы переправили на автодорожный факультет, где был недобор. Впоследствии я несколько об этом не пожалел, так как романтики, как оказалось, здесь намного больше, чем я мог предполагать.

В романтику профессии дорожника я окунулся прямо с первого курса, попав на всё лето и осень в изыскательскую партию. Вот где были настоящие «университеты»! Сначала были ка-

захстанские степи. Мне, первокурснику, доверили съёмку поперечников и спрашивали за работу по всей строгости. Здесь я узнал по-настоящему, что такое коллективный труд и что такое личная ответственность. Потом были Тянь-Шаньские горы в Киргизии. Какие разные природные условия проложения трассы дороги! Особенно запомнился один эпизод. При перебазировке изыскательской партии на новую стоянку я вёл по горной тропе в поводу лошадь, навьюченную спальными мешками. На одном из поворотов лошадь зацепилась вьюком за выступ скалы.

Юрий Алексеевич Фортуна родился 1 марта 1942 года в Киргизии. Окончил автодорожный факультет Фрунзенского политехнического института (совр. Кыргызский государственный технический университет).

После окончания университета был распределён в Республиканскую автомобильно-дорожную научно-исследовательскую лабораторию (РАДНИЛ); через три года был приглашён на должность ассистента на кафедре автомобильных дорог во Фрунзенском политехническом институте. После завершения обучения в заочной аспирантуре в Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете занял вакансию доцента на кафедре автомобильных дорог в Краснодарском политехническом институте (совр. КубГТУ), где проработал 14 лет. Затем Юрий Алексеевич выступал в качестве эксперта-консультанта в НППФ «Краснодаравтодорсервис», а завершил карьеру в должности главного специалиста в ООО «ИнжПроектСтрой».

Особые награды и достижения: звание заслуженного дорожника Кубани и почётного работника высшего профессионального образования.

Главное увлечение — русская баня.

От толчка задние ноги лошади сорвались в пропасть, и она повисла, зацепившись брюхом. Я не знал, что делать, и только тянул её за повод, как будто это могло помочь. А начальник партии кричит мне: «Снимай, снимай!» Что снимать? «Фотографируй!» Тут только я сообразил, что от меня хотят. Я увлекался фотографией, и у меня всегда висел на шее фотоаппарат. Спустившись немного вниз по склону, я выбрал точку для удачного ракурса и сделал несколько снимков. Фотографий потом я так и не увидел, так как плёнку у меня изъяли. Позже я узнал, что под это дело списали два нивелира и теодолит, которые давно уже износились, но просто так списывать приборы не разрешалось. Так что «польза» от моей работы была ещё с институтской скамьи.

К слову, лошадь спасли. Мой одноклассник Володя Шишкин обвязался верёвкой, его спустили по ней вниз по склону, он обрезал верёвки, связывавшие вьюк, просунул под брюхо лошади конец другой верёвки, и вот, взявшись за оба конца, восемь человек смогли вытащить лошадь обратно на тропу.

— Какие воспоминания остались с университетских времён?

Институтские годы в целом вспоминаются как бесконечная череда разных событий: аудиторные занятия, курсовые проекты, тренировки, театры, выставки, зачёты и экзамены, работа в колхозах, работа на стройках, военная подготовка, художественная самодеятельность (институтский оркестр, СТЭМ). Как только всё успевали?

Больше всего, конечно, «доставали» курсовые проекты, их было очень много.

Вообще говоря, учебный план специальности в то время резко и значительно отличался от нынешнего. Вот только три примера. На курс «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» отводилось 254 часа, а сейчас — только 90. Вместо четырёх курсовых проектов — две курсовые работы. По курсу «Гидравлика, гидрология, гидрометрия» была полновесная двухнедельная гидрометрическая практика, а лабораторные работы проводились на открытом лотке длиной 6 метров. Теперь этого ничего нет. Как говорится, почувствуйте разницу.

Много позже, уже в Краснодаре, участвуя в работе Государственной экологической экспертизы по одному из объектов, связанных с нарушением естественной жизни реки, я стал задавать вопросы проектировщикам. А один из экспертов, по специальности гидролог, меня спросил: «Откуда Вы это знаете?» Я был удивлён вопросу и сказал, что это должен знать любой инженер-дорожник, это же часть нашей специальности. По всей видимости, кругозор у современных выпускников стал гораздо уже. Не могу согласиться с тем, что сокращение учебных часов по дисциплинам, непосредственно формирующим инженера-дорожника, пошло на благо дорожной отрасли.

— Расскажите нам о своём детстве?

Родился я в глухом Киргизском кишлаке под названием Казарман (от слова «казарма») в 1942 г. Дороги туда в те времена не было, только конная тропа, да и то на отдельных участках безопаснее было идти пешком. Об этом мне рассказывала мама — как меня, четырёхмесячного, закутав в пелёнки, вывозила на «большую землю» верхом на лошади. Папа в это время был на фронте. Вернулся он после тяжёлого ранения и лечения в госпитале в 1945 г. уже на новое место жительства. Кстати, на своей малой родине мне так и не довелось побывать. Немного не дошла та изыскательская партия, в которой я проходил практику на первом курсе института. Представляете, только в 1960 г. у государства появилась возможность провести изыскания и проложить трассу дороги в эти труднодоступные места. А построили дорогу ещё позже, в несколько этапов. Но так уж сложилось, что проехать по ней мне так и не довелось, хотя основную дорожную сеть Киргизии я «облазил» практически всю.

После института меня распределили в Республиканскую автомобильно-дорожную научно-исследовательскую лабораторию (РАДНИЛ), которая занималась в том числе проблемами безопасности движения (тогда это была модная тема). Вот мы и обследовали дороги на предмет выявления особо опасных участков и разрабатывали конкретные мероприятия по улучшению дорожных условий. Здесь же я получил первый опыт исследовательской работы и понял, что полученные в институте знания следует рассматривать как инструментальный, который нужен для решения конкретных задач.

Положительный результат моей работы в РАДНИЛе есть: по моей инициативе на участке дороги Фрунзе — Ош (перевал Тюя-Ашу, высота 3200 м над уровнем моря) была построена снегозащита передвигающегося действия. Раньше дорожники вынуждены были двумя бульдозерами круглосуточно «утюжить» дорогу, очищая её от снега. А когда построили защиту, то необходимость в этом отпала: ветер стал не приносить снег, а переносить его через дорогу. Уверен, она до сих пор работает.

— Как Вы пришли к преподавательской деятельности?

В РАДНИЛе я проработал 3 года, а потом мне предложили должность ассистента на кафедре автомобильных дорог во Фрунзенском политехническом институте. Так началась моя преподавательская деятельность, которой я отдал без малого 40 лет.

А была ли польза от моей работы преподавателем? Наверное, была. И дело не в количестве выпускников (их было много), а в их оценке качества моего труда.

Мой научный руководитель Николай Петрович Орнатский научил меня — ну а я учил своих студентов — устраивать остановочные площадки на автобусных остановках с обратным поперечным уклоном, за что однажды услышал слова благодарности от одного выпускника, ставшего начальником ДРСУ: «Спасибо за науку. У меня в районе все автобусные остановки на дорогах теперь сухие».

В 2013 г. меня разыскивали выпускники Фрунзенского политехнического института и пригласили на встречу, посвящённую сорокалетию окончания института. Встреча состоялась в Клину, в поместье одного из выпускников. Смогли приехать 12 человек. Каково же было моё удивление, когда я оказался в кругу седовласых пенсионеров! Один из них мне сказал: «Стали бы мы тебя искать, если бы ты был плохим преподавателем?»

Работая на преподавательском поприще, я никогда не забывал о практической стороне дела.

Во Фрунзе после меня на кафедре осталась аппаратура для изучения режимов движения автомобиля, позволяющая регистрировать 8 параметров. По тем временам в стране только в шести вузах были передвижные лаборатории, но такой аппаратуры не было ни у кого.

В 1973 г. я поступил в заочную аспирантуру в Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) на кафедру проектирования дорог. Тема, естественно, связана с особенностями горных дорог. Эксперименты проводил на дорогах Киргизии и Таджикистана. С помощью аппаратуры удалось установить некоторые закономерности поведенческой реакции водителя в разных ситуациях. Довести дело до конца удалось только в 1981 г.

В том же году прошёл по конкурсу на замещение вакантной должности доцента на кафедре автомобильных дорог в Краснодарском политехническом институте.

— Известно, что Вы поклонник системы проектирования IndorCAD и используете её уже очень давно. Расскажите, пожалуйста, как Вы о нас узнали?

Надо сказать, что в семидесятые годы начался бум освоения ЭВМ,

и я увлёкся этим новым делом. К тому времени я уже прекрасно знал, что вычислять отметки продольного профиля и подсчитывать объёмы земляных работ — это «обезьянья» работа, недостойная инженера. Стал писать программки для ЭВМ и приучать студентов использовать этот инструмент. На своём и чужом опыте убедился также, что в горной местности, на косягах, проектировать план трассы и продольный профиль отдельно от поперечного профиля нельзя. Более того, иногда именно поперечный профиль дороги определяет оптимальное положение трассы на местности. Но таких не то что САПР, даже пакетов прикладных программ не было.

В Краснодарском политехническом институте, да и в проектных институтах Краснодарского края, дела с внедрением ЭВМ в то время обстояли не лучше. Учебная САПР, разработанная в МАДИ, которую мы у себя внедрили, для учёбы студентов была хороша, но для практического применения не годилась.

Появившаяся САПР CREDO мне лично удовлетворения не принесла: оперативно отследить изменение в одной проекции дороги при изменении другой по-прежнему было невозможно.

И вот я узнал, что в Томске, в СКБ, разработали что-то похожее на то, что я искал. А как ознакомиться? Пришлось использовать «канал» НИРС. Мне, как председателю, разрешили командировку в Томский инженерно-строительный институт (совр. ТГАСУ) на студенческую научную конференцию. И вот здесь мне повезло: подарили диск с САПР «РЕКАД», разработанной под DOS. С этого началось наше сотрудничество с Владимиром Николаевичем Бойковым и его сотрудниками, которое продолжается до сих пор.

— Как Вы можете оценить результат нашей совместной работы?

В настоящее время на кафедре транспортных сооружений КубГТУ имеется компьютерный класс, оснащённый САПР IndorCAD. В дальнейшем выпускники продолжают работу с IndorCAD в проектных организациях. В Краснодарском крае и Ростовской области система IndorCAD широко применяется при проектировании автомобильных дорог.



*С профессором В.Н. Бойковым
(г. Краснодар, июнь 2017 г.)*

Но учебный класс — это одно, а совсем другое дело внедрить что-то новое в проектные организации. Это же вопрос в том числе денежный. Кому хочется покупать неведомо что? Так вот, В.Н. Бойков приехал в Краснодар, за два часа в присутствии директора НППФ «Краснодаравтотранссервис» А.Б. Кильдюшёва обучил двух сотрудников работе с IndorCAD. Они запроектовали план, продольный профиль и поперечные профили участка дороги, сделали чертежи и ведомости объёмов работ, сказав при этом, что за CREDO больше не сядут, и только тогда директор дал добро на закупку десяти рабочих мест.

— Расскажите об интересных случаях из Вашей практики.

Работая преподавателем, я не забывал о необходимости делать что-то полезное самому и для этого налаживал контакты с Управлениями федеральных и территориальных дорог, предложив наши услуги в качестве исполнителей. Мы выполняли работы по паспортизации дорог, по выявлению и разработке мероприятий по ликвидации очагов аварийности, по обоснованию тарифов платы за перевозку тяжеловесных и крупногабаритных грузов, по исследованию транспорт-



Самый «боевой» профессорско-преподавательский состав кафедры транспортных сооружений КубГТУ.

1-й ряд (слева направо): доценты Божков В.И., Телятников В.М., Купин П.П. (заведующий кафедрой), Дараган Н.С., Кучеренко В.Л. (бывший декан факультета), профессор Дараган К.А. (бывший ректор КПИ)

2-й ряд (слева направо): старший преподаватель Чич Ю.Н., ассистент Коновалов К.В., ассистент Корневский В.В. (бывший аспирант Ю.А. Фортуны, сейчас — доцент, заведующий кафедрой), доцент Москвич В.К. (декан факультета), доцент Близниченко С.С., старший преподаватель Овчаренко Т.И. (22 года стажа работы в проектной организации), доцент Фортуна Ю.А.

ных потоков на уличной сети г. Краснодара, по проектированию светофорных объектов.

Не обходилось и без курьёзов. Так, для ускорения работ при паспортизации федеральных автомобильных дорог я придумал способ «автоматизации» измерения длины участков дороги и привязки местоположения дорожных объектов. Для этого достаточно было соорудить кулачковый механизм, который замыкал контакты, подсоединённые к калькулятору. Механизм приводился в действие тросом спидометра автомобиля, на котором мы выезжали на объекты. Так вот, представитель Упрдора отказался подписывать нам акт о выполнении работ. Более того, выставил нас бессовестными людьми, которые, сидя в кабинете и не выходя на дорогу, составили паспорт. Я, говорит, вас ни разу на дороге не видел, а вы должны были идти с мерной лентой. Только когда мы посадили его в наш автомобиль, дали ему в руки регистратор, провезли по участку дороги с известной ему длиной и он убедился, что путь измерен с точностью до одного метра, — молча подписал акт. И хоть бы извинился.

С территориальными дорогами вначале тоже было не лучше. В паспорте одной из дорог на линейном графике мы отметили участки с ненормативными радиусами вертикальных кривых. Реакция чиновников была ужасной, нас обвинили чуть ли не в мошенничестве. Пришлось предъявлять фотографии этих участков дорог, только тогда все обвинения были сняты. Такого со мной

прежде никогда не случалось, работали на доверии. А тут... Я понял, что с чиновниками можно говорить только на языке неопровержимых фактов, доводов они никаких не принимают. Правда, потом отношения понемногу наладились и даже больше — я удостоился чести стать заслуженным дорожником Кубани. Не скрою, хоть я человек не тщеславный, но этим званием горжусь.

— В настоящее время Вы известны как эксперт... Почему Вы решили оставить преподавательскую деятельность?

В Кубанском политехническом институте (совр. КубГТУ) я проработал 14 лет. Работа, надо сказать, была очень интересной, так как многое пришлось делать с нуля. Внедряли автоматизацию проектирования дорог. Открывали новые специализации и специальности, осваивали новые учебные дисциплины. В общем, всё было нормально, даже удостоился звания почётного работника высшего профессионального образования.

Но однажды меня попросили помочь в принятии проектных решений по одному достаточно сложному объекту капитального ремонта дороги. Выехал на объект, разобрался, что к чему. Результатом, как говорится, обе стороны остались довольны. И когда мне предложили перейти к ним на работу, я не отказался — «дух бродяжий» взял верх, так я стал экспертом-консультантом в НППФ «Краснодаравтодорсервис».

Любимый анекдот в тему

В одной семье жил кот — страшный гуляка и забияка. Вечно возвращался домой грязный и ободраный. Хозяевам это надоело, и кота кастрировали. Но он продолжал вести себя в том же духе. А на недоуменный вопрос, чем же он теперь там занимается, отвечал: «Консультир-п-рую, оппонир-п-рую».

Связи с кафедрой я не прерывал и не прерываю по сей день, смену себе обеспечил (мой бывший аспирант В.В. Корневский теперь заведует кафедрой), так что в проектно-изыскательскую работу с чистой совестью окунулся с головой.

Больше всего мне нравилось проводить проектные обследования дороги. Но и проверять качество проектов я не разучился. Завершил я свою «карьеру» в должности главного специалиста в ООО «ИнжПроектСтрой».

Точно как в поговорке: «Кто умеет — делает сам, кто не умеет — учит других, кто не умеет учить — работает экспертом. А кто научился делать сам, учить других и работать экспертом, тот становится специалистом».

— Какие Ваши самые крупные проекты?

Я не делю проекты на крупные и мелкие. Главное — наличие интересной, не описанной

в учебниках задачи, новизны и эффективности решений, а также существенной пользы от внедрения.

За много лет в реальном проектировании я не припомню ни одного проекта, где не встретились бы условия, требующие нетривиальных решений.

Приведу пример. На одной из дорог в Краснодарском крае, расположенной в горной лесистой местности, через ручей была построена двухочковая труба, отверстие которой во время ливней наглухо забивалось карчем. Уровень воды поднимался, и вода затапливала прилегающие к ручью дворы и постройки. Местные жители вынуждены были, по их словам, дежурить, чаще всего по ночам, расчищая отверстие трубы. При проектировании капитального ремонта дороги я настоял, чтобы вместо трубы запроектировали и построили «водопрпускное сооружение». Теперь дворы не затапливает. Что за «сооружение» — не скажу, чтобы кто-нибудь не повторил, так как при этом пришлось нарушить СНиП, чего вообще-то делать нельзя. Однако проектировщику жизнь частенько подкидывает такие задачи, что невозможно построить нужное сооружение, не нарушая норм.

Вот ещё пример подобного рода. В Сочи накануне зимней Олимпиады приводили в порядок тротуары и пешеходные дорожки. Одной из главных задач было создание безбарьерной среды для маломобильных групп населения. Лестницы — вот главная проблема. Рельеф-то в Сочи горный. Там, где можно, стали устраивать пандусы. Но на них есть жёсткие нормы. В районе парка им. Фрунзе необходимо было обеспечить удобный для маломобильных групп населения спуск к морю. Обычные пандусы не подходили. Мы смогли с помощью САПР IndorCAD вписать в рельеф и ситуацию сооружение, состоящее из нескольких пандусов. Пришлось опять выйти за пределы СНиПа, но в итоге получилось неплохо. Я потом проверял: хотя рядом есть красивая широкая лестница, бабушки и мамы с детскими колясками предпочитают наше «несниповское» сооружение. Кстати, больше таких сооружений на побережье нет.

— Каких жизненных принципов Вы придерживаетесь?

1. Не можешь помочь — не мешай.
2. Никогда не теряйся, не опускай руки, ищи решение.
3. Прежде чем куда-то идти, подумай, нужен ли ты там.

— Есть ли в Вашей жизни люди, на которых хочется равняться?

Таких много. Но с особой благодарностью я вспоминаю встречи с профессором Олегом Владимировичем Андреевым, царствие ему небесное. Скромный, интеллигентный, подчёр-



С профессором В.В. Сильяновым (г. Москва, 7 мая 2013 г.)

кнуто вежливый, это был настоящий клад знаний и премудрости.

Огромное удовольствие получаю от встреч с профессором Валентином Васильевичем Сильяновым. Кажется, нет таких проблем, с которыми он не поможет разобраться.

— Какие наставления Вы можете дать будущим поколениям?

Интересуйтесь всем, что попадает в поле вашего зрения.

Пробуйте себя в разных ипостасях. Не бойтесь принимать решения.

Будьте ответственными за порученное дело.

— Есть ли у Вас хобби?

Моё многолетнее увлечение — русская баня. Построил свою. Получилось, кажется, неплохо.

— Как Вы думаете, какие будут дороги в будущем? Скажем, в 2050 году или 2100-м?

Прочитирую классика: «В России за 10 лет может измениться всё, а за 100 лет — ничего». А дороги быстро не строятся.

— Чего, на Ваш взгляд, не хватает современным дорогам и дорожникам?

Денег. Известно же, что в США дорожная сеть строилась по специально принятой правительством программе. У нас такой программы нет. «Дороги дорожи, но бездорожье дороже». Когда это поймём — вся экономика заработает. ■

Сквозь горы, воды, города — тоннели: едем напролом!

Рокский тоннель, фото: «СК МОСТ»

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.10

Кузнецова А.П., начальник отдела маркетинга ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Тоннели — один из самых сложных и дорогих видов транспортных сооружений. Эти скрытые от глаз гиганты являют собой героическую историю инженерной мысли и технического развития цивилизаций. Их возведение обусловлено острой необходимостью, ощущаемой властью и обществом, и требует смелых проектов и прогрессивной техники. Поэтому строительство крупнейших тоннелей — события эпохальные. В данной статье приводятся примеры рекордсменов своего времени среди горных, подводных и городских тоннелей, а также истории, связанные с их появлением.

В глубине веков

Более 3 тыс. лет назад построен тоннель, пройти по которому может каждый из нас и сегодня. Для этого достаточно оказаться в Египте, на западном берегу Нила в Долине Царей. Тоннель ведёт к гробнице фараона Сети I. Египтяне проложили подземный ход на стометровой глубине. Они использовали пилы, долота и буры. Длины тоннеля хватило бы с лихвой, чтобы разместить в нём крейсер «Аврора»: под землёй был раскопан и укреплен ход в 174 метра [1].

Тоннели в древности строили не только для сакральных целей: с их помощью решали и задачи водоснабжения. На территории Древнего Ирана сохранились подземные каналы для воды, датированные 1-м тысячелетием до н. э. Свои подземные каналы персы строили методом qanat (букв. пер. с перс. — «канал»), выводя через равные расстояния на поверхность шахты. Через них извлекали выработанную породу и обеспечивали воздухом тружеников подземелья (рис. 1).

Под Иерусалимом сохранился тоннель для воды, построенный в VIII в. до н. э. (рис. 2). Длинною в полкилометра, он соединял источник Гихон с Силоамским водоёмом. **Силоамский тоннель** интересен сохранившейся в нём надписью, которая прославляет радостный момент

завершения стройки — долгожданную встречу рабочих, сбойку шахт двух тоннелепроходческих бригад. Кроме того, надпись передаёт любопытные технические подробности: «Вот и свершено строительство это. Когда ещё поднимали каменщики топоры один против другого и осталось прорубить ещё три локтя, услышали голоса друг друга, ибо была трещина в скале и справа, и слева. И вскоре топор ударился о топор. От источника воды пошли к бассейну длиною тысяча двести локтей, а толщина скалы над головами каменщиков сто локтей» [2] (рис. 3).

Есть версия, что каменотёсам, двигавшимся под землёй встречной проходкой, направление задавали звуками снаружи. В надписи указана толщина скалы над головами рабочих — 100 локтей (примерно 42 м). Установлено, что громкие звуки проникают под землю на глубину до 15 м. Следовательно, силоамские тоннелепроходцы оказались без звукового ориентира. При подходе к середине тоннеля с каждой стороны есть углубления в стенах — следы нескольких безуспешных попыток соединения. Услышав наконец голоса друг друга, люди встречных бригад возликовали. Эту радость и передаёт через века силоамская надпись.

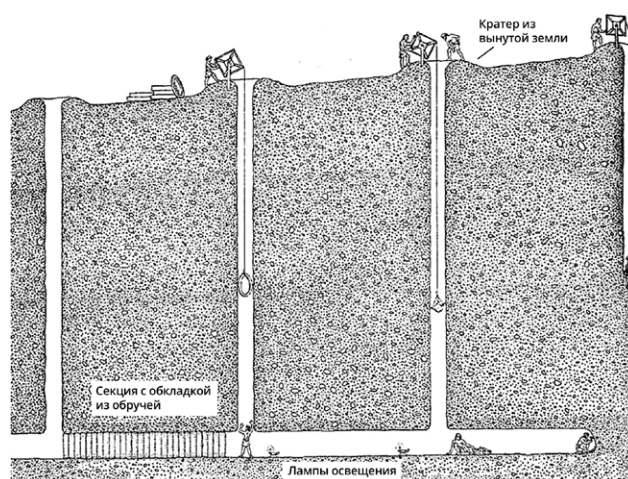


Рис. 1. Qanat — гидротехническая система подземных тоннелей, изобретённая древними персами 3 тыс. лет назад



Рис. 2. Силоамский тоннель, VIII в. до н. э. Длина 533 м, глубина залегания 5 м. Израиль, Иерусалим, фото 2010 г.

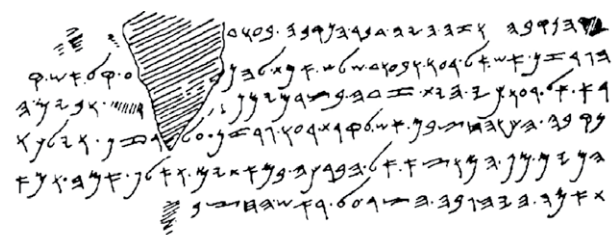
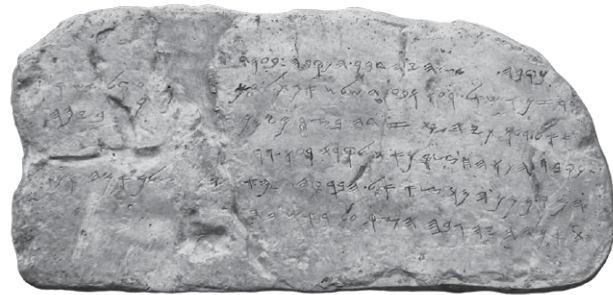


Рис. 3. Силоамская надпись описывает встречу двух тоннелепроходческих бригад в VIII в. до н. э.

При строительстве тоннелей в Древней Греции известные методы *qanat* и звуковой дополнялись новыми. **Эвпалинов тоннель (длина 1036 м) на острове Самос** возводили в VI в. до н. э. Греки, так же как и персы [3], выкапывали по линии тоннеля шахты (рис. 4, а). Через них поднимали выработанную породу, обеспечивали подачу воздуха и света рабочим подземелья и задавали направление встречного движения.

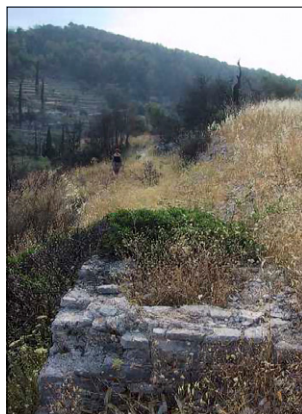
Автор книги по истории строительства тоннелей Дэвид Маколи обратил внимание на то, что в середине Эвпалинов тоннель имеет резкий V-образный изгиб [4]. Этот изгиб — ещё один

способ «состыковать» бригады: незадолго до предполагаемой встречи одну бригаду направили резко вправо, другую — влево, что гарантировало пересечение их ходов.

Подземной стройкой на острове Самос руководил Эвпалин. Тоннель получил его имя, тем самым прославив первого известного в истории инженера-строителя.

В тоннеле прокопана канава, в которой положены трубы под наклоном для течения воды (рис. 4, б). Строительство этого сооружения велось 10 лет. А затем на протяжении тысячи лет этот водопровод снабжал пресной водой древний город.

а)



б)

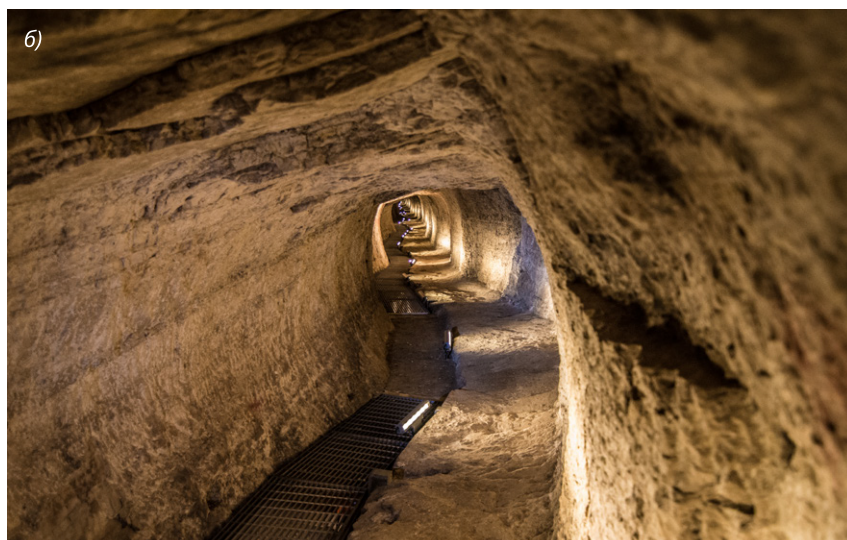


Рис. 4. Эвпалинов тоннель на острове Самос, Греция. Длина 1036 м. Построен в VI в. до н. э.: а) шахты Эвпалинова тоннеля: при строительстве ими задавали направление движения встречных бригад, обеспечивали воздухом и светом подземные работы, через них извлекали выработанную породу; б) Эвпалинов тоннель в наши дни

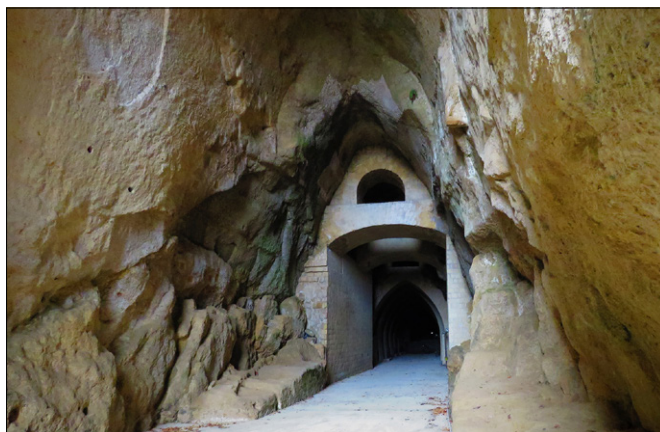


Рис. 5. Грот Кокцея (также Неаполитанская крипта, грот Позилиппо, грот Вергилия) близ Неаполя, Италия. Длина 711 м. Построен в 37 г. до н. э.

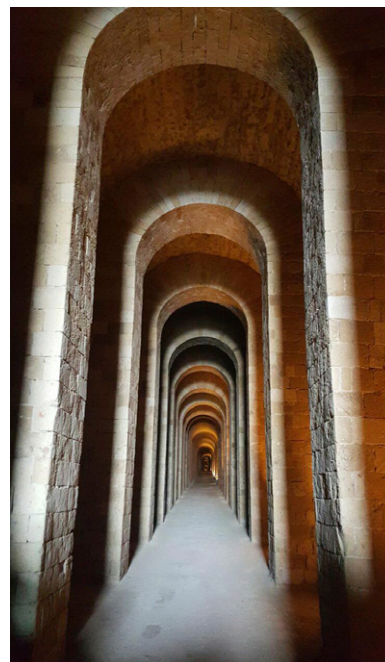


Рис. 6. Грот Сейяно близ Неаполя, Италия. Длина 780 м. Построен в I в. до н. э.

Рис. 7. Тоннель в ущелье Фурло, Италия. Длина 38 м. Построен в I в. н. э.

Эвпалинов тоннель получил высочайшую оценку историка Геродота и был включен в его тройку «самых больших сооружений во всей Элладе» [5]. В наши дни тоннель внесён в список всемирного наследия ЮНЕСКО и открыт для посещения как достопримечательность острова Самос. Опыт греческих тоннелестроителей получил своё дальнейшее развитие в Римской империи.

Горные

Родиной первых именно транспортных тоннелей стал Древний Рим. Их строили для переброски военных сил империи. Ряд «мостов» сквозь скалы, возведённых 2 тысячи лет назад римскими легионерами, можно лицезреть и в наши дни (рис. 5, 6).

История сохранила имя греческого инженера Люциуса Кокцея. Он попал к римлянам рабом. Благодаря виртуозному владению инженерным искусством Кокцей получил свободу и руководил строительством нескольких тоннелей, сохранившихся до сих пор (рис. 5, 6).

Римские тоннелестроители шли встречной проходкой и выкапывали наружные шахты. Кроме того, они применяли технологию «тушение пожара»: нагревали забой выработки огнём

до максимальной температуры, затем охлаждали водой и разбирали растрескавшуюся породу. Также римляне первыми стали применять специальный инструмент для нивелировки — хоробат.

Путешествуя по Италии на автомобиле, вы можете промчаться сквозь один из древнейших тоннелей, так и не опознав «реликт». Прорубленный в горе Фурло тоннель для римских завоевателей и в наши дни служит автомобилям (рис. 7).

Грандиозные сооружения строили в кратчайшие сроки силами сотен тысяч человек. С падением Римской империи строительство тоннелей приостановилось до времён, когда многочисленную армию рабов научились замещать техническими средствами.

Истории известно немало примеров, когда и в XX в. протяжённые тоннели прорубали без использования техники. Так, жители китайской деревни Голиань, орудя кирками и лопатами, за пять лет проложили тоннель длиной в 1 км 200 м (рис. 8). Его строительство завершилось в 1977 г.

С XVI в. стали применять чёрный порох и ручное бурение, что позволило ускорить возведение небольших тоннелей. Главным же



Рис. 8. Рукотворный тоннель жителей деревни Голиань, Китай, 1977 г. Длина 1200 м

толчком развития тоннелестроения стало появление железных дорог. По ним неслись локомотивы промышленной революции.

Горные массивы Англии, континентальной Европы, Америки не давали свободно раскинуть сети железных дорог. Не терпящим резких поворотов, спусков и подъёмов поездам требовались тоннели.

К концу XVIII в. появились бурильные машины. Динамит, бездымный порох, пироксилин позволили прокладывать тоннели длиной до четырёх метров в разных городах Европы и США.

Первый железнодорожный тоннель проложили в Англии на линии Ливерпуль — Манчестер. Километровый тоннель строили 4 года. Открытие состоялось в 1830 г.

Спустя 30 лет появились первые железнодорожные тоннели и в России. При Александре II на ветке Петербург — Варшава, ныне территория Литвы, построили два тон-

неля: Виленский (427 м) (рис. 9, а) и Ковенский (1285 м). Тоннели отличались большим для того времени поперечным сечением и предназначались для двухпутного сообщения.

Возведением этих тоннелей руководил русский инженер-подполковник Корпуса путей сообщения Г.Ф. Перрот. Для горнопроходческих работ приглашались иностранные специалисты — минёры из Франции и Германии. Им платили хорошие деньги, хотя основную работу за маленькую зарплату выполняли русские разнорабочие. Они откатывали грунт, подавали и грузили материалы, устраивали пути. Грунт перевозили в отвал на вагончиках по узкоколейным путям, а из шахт-колодцев поднимали паровыми машинами. При работе в три восьмичасовых смены круглосуточно километровую проходку удалось завершить за 8 месяцев.

Г.Ф. Перрот впервые разработал теоретические основы расчёта тоннельной конструкции. Он составил

типологию отделки разных скальных пород, которой пользовались для рационального использования отделочных материалов.

Ковенский тоннель функционирует по сей день (рис. 9, б). Этот успешный опыт дал старт строительству тоннелей в горных районах Крыма, Урала, Сибири.

В 1890 г. на Закавказской железной дороге открыли Сурамский тоннель (Грузия) (рис. 10). Строительство этого двухпутного тоннеля велось под управлением инженера Ф.Д. Рыдзевского. Четырёхкилометровый тоннель построили за 4 года силами почти 2 тыс. рабочих.

Тоннелепроходческие работы велись в тяжелейших условиях. Бывали случаи, когда температура в забое повышалась до 50 °С. А за несколько метров до сбойки уровень подземных вод поднялся так, что работать приходилось по грудь в воде.

При строительстве использовали 165 тонн динамита, 80 тыс. бочек це-



Рис. 9. Старейшие железнодорожные тоннели Российской империи открыты в 1861 г.: а) Виленский тоннель на территории современной Литвы. Фото конца XIX в.; б) Ковенский тоннель. Став однопутным, действует и ныне. Скоро ему исполнится 160 лет



Рис. 10. Сурамский тоннель, территория современной Грузии. Открыт в 1890 г. Длина 4 км:
а) фото конца XIX в.; б) тоннель в наши дни

мента, было вынута и вывезено около 350 тыс. м³ грунта.

Встречные бригады двигались в среднем по 10 м в сутки, что в то время считалось мировым рекордом скорости проходки в аналогичных геологических условиях [6].

Проходку вели с огромной точностью: расхождение при сбойке забоев ограничилось незначительными сантиметрами. Высокая точность стала результатом трассирования тоннеля при помощи триангуляционной сети. Ф.Д. Рыздзевский впервые применил такой метод на этой стройке.

Соединение встречных проходок — сбойка — это кульминация строительства тоннеля. Момент стыковки подтверждает правильность проведённых расчётов и знаменует окончание долгой работы. Вот как описывает это выдающееся событие один из современников стройки Сурамского тоннеля: «...у входа в тоннель собрались Министр путей сообщения Посет и множество гостей. Всё собравшееся общество вслед за Министром въехало на вагонетках в тоннель, ярко иллюминированный огнями. В конце галереи был заложен патрон с динамитом. Министр зажёл фитиль, взрыв образовал сквозное отверстие, через которое хлынула вода, накопившаяся с противоположной части хода... Когда отверстие было расширено, все прошли через него и на вагонетках вышли из тоннеля» [6].

Сурамский тоннель — выдающееся достижение отечественных инженеров и всех участников этой стройки, которое уже 130 лет обеспечивает движение сквозь Кавказские горы.

Тем временем в Европе шло наступление на Альпы. С применением бездымного пороха и пневматических дрелей стали строить тоннели всё более и более протяжённые (рис. 11, 12). К началу XX в. в Европе насчитывалось 26 тоннелей длиной более 5 км каждый. Рекордсмены среди них:

1. Тоннель Мон-Сени между Францией и Италией, 12 км (1857–1871 гг.).
2. Тоннель Сен-Готард между Италией и Швейцарией, 15 км (1872–1882 гг.).

3. Симплонский тоннель между Италией и Швейцарией, 20 км (1906, 1921 гг.).

Двигаться вперёд на стройках этих гигантов рабочим помогали пневматические дрели, динамит, сжиженный воздух, системы подачи воды для охлаждения породы и устранения пыли (рис. 11, 12).

При строительстве тоннелей могли случаться обвалы, ошибки при взрывных работах и обращении с техникой. Кроме того, люди гибли от болезней, вызванных тяжёлыми условиями труда. Так, десятилетняя стройка Сен-Готардского тоннеля унесла жизни почти 200 человек. Погиб в тоннеле и сам руководитель проекта — Луи Фавр. Его жизнь остановил сердечный приступ.

Луи Фавр не имел специального инженерного образования. Сметливый парень учился всему сам. Богатый опыт помог ему стать авторитетным специалистом и выиграть подряд на возведение 15-километрового тоннеля.

Этот проект для Фавра стал роковым. Ему приходилось отвечать буквально за всё: за верность расчётов, техническое обеспечение, условия труда рабочих, потраченные деньги кредиторов и общественности. Сильнейшее нервное перенапряжение в конце концов привело к инфаркту, который случился у него в тоннеле за два года до окончания проходки.

Тем не менее Луи Фавру удалось первым пройти из Италии в Швейцарию сквозь Альпы: при сбойке рабочие встречных бригад передали друг другу портрет руководителя, символично сделав его первопроходцем Сент-Готардского тоннеля.

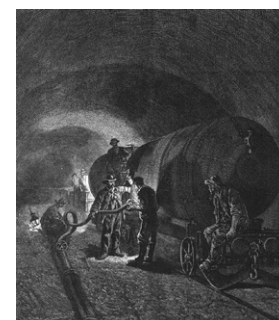


Рис. 11. Цистерна с сжатым воздухом для пневмомагистральной, приводящей в движение дрели



Рис. 12. Пневмодрель, применявшаяся при строительстве Сен-Готардского тоннеля. 1872–1882 гг.



Рис. 13. Сбойка Готардского базисного тоннеля. Соединяет Швейцарию с Италией. Открыт в 2016 г. Самый длинный железнодорожный тоннель в мире (57 км)



Рис. 14. Тоннелепроходческий щит производства компании Herrenknecht

Уже в начале XX в. основные железнодорожные тоннели в Европе были построены. Затем их история замерла почти на полвека. И только к концу столетия были разработаны мощнейшие проходческие комплексы, способные сворачивать любые горы (рис. 13, 14).

В основном равнинный характер рельефа России позволяет обойтись без грандиозных тоннелей. Самым длинным железнодорожным тоннелем является Северо-Муйский в Бурятии — 15 км (рис. 15). Его стройка началась в 1977 г. Официальное открытие состоялось в 2003 г.

Автодорожные тоннели получили развитие позднее по двум причинам: во-первых, автомобили моложе железнодорожного транспорта. Во-вторых, автомобильные дороги легче приспосабливаются к сложностям рельефа — резкие спуски, подъёмы и повороты они могут преодолеть.

Первые автодорожные тоннели появились в 20-е годы прошлого столетия,

а со второй половины XX в. их строительство набрало оборот (таблица 1).

Максимальная разрешённая скорость движения в Лердальском и Чжуннаньшаньском тоннелях — 80 км/ч. Чтобы полчаса движения по подземелью были приятны, в этих тоннелях особое внимание уделено их оформлению: психологические просветы, разнообразная подсветка и искусственные ландшафты помогают водителям не потерять бдительность.

Самый длинный автодорожный тоннель в России — Гимринский, в Дагестане (рис. 18). Движение по нему открыли в 1991 г. Его протяжённость — 4 км.

Подводные

Как и железнодорожный, **первый подводный тоннель** также появился в Англии. Движение по нему открыли в **1843 г.** Тоннель под Темзой должен был стать переправой для конного транспорта между двумя районами Лондона.

Новаторский проект предложил **Марк Брюнель** — английский инженер французского происхождения. Изначально он разрабатывал проект тоннеля под Невой в Санкт-Петербурге и представил его Александру I. В России дело не пошло, и решение адаптировали для Темзы.

Осуществлять смелую идею Брюнель задумал с помощью своего изобретения — проходческого щита (рис. 19). Эта конструкция представляла собой ряды независимых секций, отделяемых от забоя стенкой из коротких деревянных досок, так называемый лобовой щит. Каждая доска удерживалась на месте винтовыми домкратами. Землекоп ослаблял домкраты, убирал доску лобового щита, выбирал порядка 10 см породы и возвращал доску на место. Когда операция во всех ячейках завершалась, мощные домкраты продавливали щит вперёд.

Англичане 17 лет проходили свои первые 400 м под речным дном. Грандиозное для своего времени ин-



Таблица 1. Пять самых длинных автомобильных тоннелей мира на 2019 г.

Название	Страна	Протяжённость, км	Год открытия
Лердальский (рис. 16)	Норвегия	24	2000
Чжуннаньшаньский (рис. 17)	Китай	18	2007
Сен-Готардский	Швейцария	17	1980
Овит	Турция	14	2018
Сюэшань	Тайвань	13	2006

Рис. 15. Северо-Муйский тоннель — самый длинный из железнодорожных в России (15 км). Открыт в 2003 г.



Рис. 16. Лердальский — самый длинный автомобильный тоннель (24,5 км). Норвегия. Открыт в 2000 г.



Рис. 17. Чжуннаньшаньский тоннель. Для каждого направления движения имеет свой ствол. Китай. Открыт в 2007 г.



Рис. 18. Гимринский тоннель — самый длинный из автодорожных в России (4 км). Движение открыто с 1991 г.

женерное сооружение не оправдало возложенных на него ожиданий: конные экипажи по нему так и не пошли. Зато применённые в нём технологии получили дальнейшее развитие и дали старт всем будущим победам тоннелепроходцев. Кроме того, тоннель по-прежнему открыт для движения, хотя и пешеходного.

Идею проходческого щита усовершенствовал Д. Грейтхед, придав ему круглую форму, оснастив гидравлическими толкателями и сжатым воздухом (рис. 20). С появлением этого механизма началось активное освоение подземного пространства.

Научившись прокладывать и укреплять протяжённые тоннели, инженеры задумались о вентиляции, которая очень важна при автомобильном движении. В начале XX в. американский инженер Клифорд Холланд разработал механизм закачки воздуха. Впервые его система заработала в тоннеле под рекой Гудзон (Нью-Йорк, Нью-Джерси, США) [4]. Этот тоннель строили под его руководством с 1920 по 1927 г. Длину подводной автодороги — 2,7 км. Тоннелю дали имя в честь главного инженера проекта — Холланда (рис. 21).

«Когда он говорил о туннеле, у слушателя создавалось впечатление, что строится единственное убежище для человечества, — писал репортёр газеты Brooklyn Daily Eagle в 1920 году. — При этом он напоминал крота, всюю расхваливающего свою прекрасно вырытую нору» [4].

Холланд исследовал воздействие выхлопных газов на человека и искал способы предотвращения кессонной болезни. Кроме того, ему постоянно приходилось убеждать власти и общество в том, что тоннель действительно нужен и надо продолжать финансировать его строительство. Такое нервное напряжение резко сказалось на его здоровье. Как и Луи Фавр, он умер от сердечного приступа, вызванного нервным перенапряжением, в 41 год, за три года до открытия тоннеля. Позднее тоннель включили в перечень национальных исторических памятников, и по сей день он полностью работоспособен.

Как и горные, подводные сверхдлинные тоннели в первую очередь строят для железных дорог. Самые крупные из них Сэйкан в Японии (1988 г.)

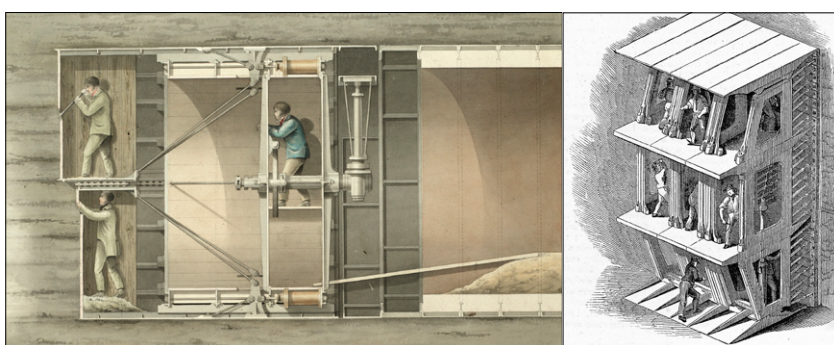


Рис. 19. Проходческий щит М. Брюнеля на гравюрах середины XIX в.

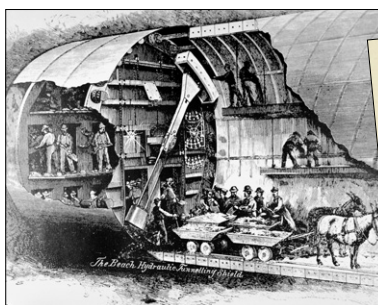


Рис. 20. Проходческий щит конца XIX — начала XX в. на гравюрах и в рекламе

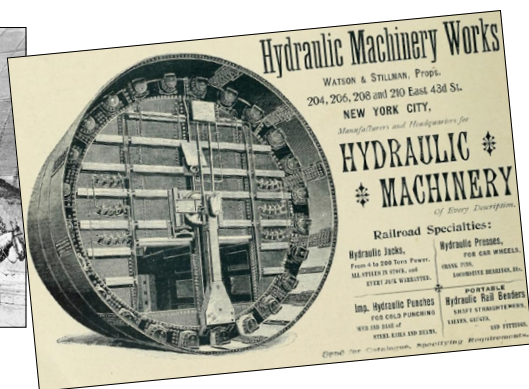


Рис. 21. Тоннель Холланда под рекой Гудзон, США. Открыт в 1927 г. Действует и в наше время: а) въезд со стороны Джерси-Сити; б) одна из вентиляционных башен тоннеля. Фото сер. XX в.



Рис. 22. Евротоннель в год празднования его 20-летия, 2014 г.



Рис. 23. Рабочие отмечают соединение тоннеля Сэйкан, 10 марта 1985 г.



Рис. 24. Тоннель Сэйкан включили в сеть высокоскоростных железных дорог «Синкансэн». 2016 г.

и **Евротоннель** между Великобританией и Францией (1994 г.) (рис. 22, 23).

У Евротоннеля из общей длины (50 км) под водой находится 39 км, поэтому из подводных его можно считать самым длинным.

Решения о строительстве сверхдлинных тоннелей всегда принимаются сложно. Так,

тоннель под Ла-Маншем обсуждался с начала XIX в. Инженеры знали, как технически соединить берега Англии и Франции. Общественно-политические же споры вокруг проекта длились почти 200 лет.

В советском журнале «Техника — молодёжи» за 1967 г. статья «Шагая через пролив» [7] описывает план, который передали на этап строительства. «В 1975 году туннель под проливом Ла-Манш пропустит первый поезд». Но и в середине XX в. дальше проекта дело не продвинулось. Политические споры, несогласованность деловых кругов, общественные протесты в очередной раз заморозили стройку [8, 9, 10, 11]. Только в 1987 г. пошёл процесс, в результате которого появился Евротоннель.

Британские и французские бригады шли встречной проходкой друг к другу 3 года. Сбойка служебно-технического тоннеля состоялась 1 декабря 1990 г. Эпохальная встреча произошла в 22 км от порта Дувр (Великобритания) и в 16 км от порта Кале (Франция), от дна пролива на десятиметровой глубине, от поверхности морских волн в 40 м.

Стройка завершилась менее чем за 7 лет силами 13 тыс. инженеров и рабочих (рис. 24). Это настоящий памятник инженерному и технологическому развитию человечества. В 2017 г. с его помощью пролив пересекли 12 миллионов пассажиров, 3 миллиона грузовиков и 2 миллиона автомобилей [12].

Значительно короче история появления тоннеля Сэйкан в Японии. Он проложен под проливом, соединяющим Японское море с Тихим океаном, между островами Хонсю и Хоккайдо. Его длина — 54 км. Из них 23 км проложено под дном пролива на глубине 100 м. До поверхности моря расстояние может составлять 240 м.

Разработку проекта начали ещё до Второй мировой войны, но всегда находились причины отложить его реализацию. В 1954 г. страшный тайфун унёс жизни 3 тыс. человек, находящихся на кораблях. Чтобы успокоить граждан и предотвратить подобные катастрофы, власти ускорили старт возведения подводного тоннеля. Строительство началось в 1964 г. и велось 24 года силами почти 14 тыс. человек [13].

Долгое время Сэйкан не могли включить в сеть высокоскоростных железных дорог «Синкансэн». Он работал вполсилы и использовался в основном для грузоперевозок. Это послужило появлению слухов о том, что нерентабельный тоннель переоборудуют в гигантскую грибную ферму. Только в 2016 г. по нему понеслись молниеносные пассажирские поезда и тоннель заработал в полную силу (рис. 24).

В России также есть подводный тоннель. По нему идут 7 км железной дороги под Амуром. Его строили с 1937 по 1941 г. в оборонительных целях (рис. 25), поэтому долгое время тоннель был засекречен.

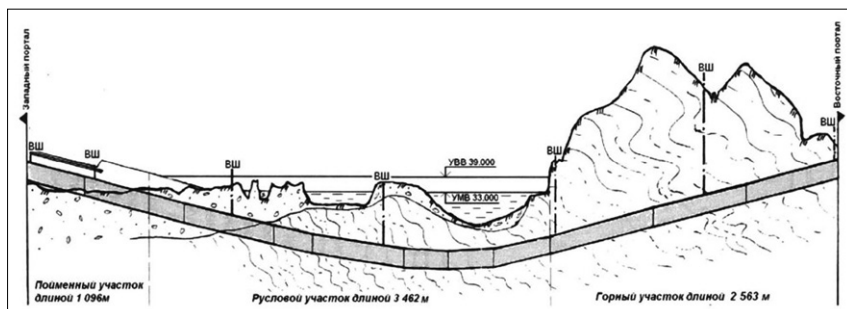


Рис. 25. План тоннеля под Амуром



Рис. 26. Портал тоннеля под Амуром. Открыт в 1941 г. Длина 7 км

Организацию строительства возглавлял нарком путей сообщения СССР Л.М. Каганович. Начальником и главным инженером проекта после нескольких замен назначили опытного строителя Н.А. Ермолаева.

Технический проект (рис. 25) был разработан специальной экспедицией Союзтранспроекта при участии Метропроекта Народного комиссариата путей сообщения СССР и утверждён в 1938 г. специальным Постановлением СНК СССР и ЦК ВКП(б) № 374/80.

Стройку вели прикомандированные с Метростроя специалисты основных профессий, воины железнодорожной бригады, вольнонаёмные и заключённые работники. Общее число занятых варьировалось, в среднем составляя 5,5 тыс. человек в год [16].

Тоннель находился в эксплуатации с октября 1942 г., наиболее интенсивно его использовали в конце Второй мировой войны. В наши дни он по-прежнему работает, входя в состав Транссибирской магистрали (рис. 26).

Из автомобильных тоннелей самым длинным является Аквалайн (9,5 км) (рис. 27) — уникальное сооружение в Токийском заливе. Чтобы не блокировать работу порта, мост скомбинировали с тоннелем. Для этого отсыпали два искусственных острова — Кадзэ-но то (с яп. «башня ветра») и Умихотару (с яп. «морской светячок»). На одном установлена вентиляционная система тоннеля, на втором, где мост «ныряет» под воду, действует развлекательный центр. Смелое инженерное решение позволило радикально решить транспортную проблему Токио.

Городские

Возводить тоннели в городе ещё сложнее, чем сквозь горы и под водой. Существующая плотная застройка, путаница коммуникаций, жители, не желающие терпеть шум и грязь строительства рядом, — это далеко не все преграды, которые возникают перед строителями. Тем не менее первые тоннели появились ещё в XIX в., а в XXI в. они становятся главными

спасателями городской инфраструктуры от транспортного коллапса.

Первые тоннели под городскими улицами появились в Англии в 1829 г. Они также строились для железных дорог (рис. 28). Некоторые из них вошли в систему метрополитена.

Самым известным из городских тоннелей является Большой Бостонский тоннель, Big Dig (с англ. «большая яма»), — колоссальный проект по преобразованию устаревшей транспортной системы в центре мегаполиса в современный инфраструктурный объект (рис. 29). Для его возведения снесли автомагистраль, нависавшую над улицами с 1950-х гг., заменили мост и построили несколько тоннелей. На реализацию проекта ушло 22 года.

По числу упоминаний в СМИ Big Dig явно превзошёл Евротоннель под Ла-Маншем. Перерасход средств, обвинения в использовании низкокачественного бетона, обвал, недовольство жителей шумом, поток крыс, вынужденных искать новое пристанище, — проблемы и перспективы, связанные



Рис. 27. Самый длинный в мире подводный автомобильный тоннель — Аквалайн, Япония (9,5 км). Построен в 1997 г.

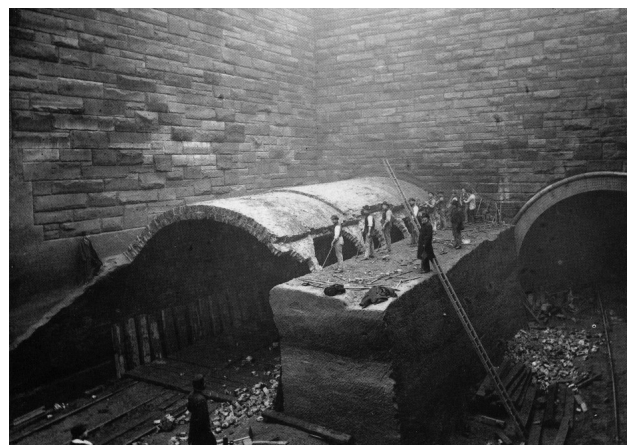


Рис. 28. Строительство первого городского тоннеля в Ливерпуле, 1829 г.



Рис. 29. Большой Бостонский тоннель Big Dig, США. Длина 5,6 км. Построен в 2007 г.:

а) до строительства Big Dig двухуровневые магистрали лишали центр Бостона света и воздуха. Фото до 1985 г.;

б) Big Dig освободил городское пространство, скрыв потоки машин под землёй

с этим проектом, приковывали к нему внимание общественности.

В Москве за последнее время построены такие современные городские тоннели, как Лефортовский (3 км, 7 полос движения, глубина залегания 30 м, открыт в 2005 г.), двухъярусный Северо-Западный (Серебряноборские тоннели): нижний для метро, верхний для автомобилей; каждый ярус состоит из трёх веток — по одной для каждого направления движения и дополнительной служебной (3 км, глубина залегания 44 м, открыт в 2007 г.).

В 2015 г. открыт Алабяно-Балтийский тоннель. В течение 14 лет в разное время на этой стройке работали от 4 до 7 тыс. человек. Над этим тоннелем находится железная дорога, подземная речка Таракановка, метро. Глубина залегания — с 8-этажный дом (30 м) (рис. 30).

Плотная городская застройка, интенсивное движение в зоне строительства, близость фундаментов зданий, запутанные подземные инженерные коммуникации, слабые водонасыщенные

грунты — работа требовала хирургической точности и была бы невозможной без современных технологий: микроанализа колебаний в грунтах, их укрепления струйной цементацией через инъекционные трубы и др.

Тоннели, вперёд!

Современные технологии позволяют человечеству построить тоннели везде, где есть в этом необходимость. Инженеры знают, как соединить Аляску с Сибирью под Беринговым проливом, Европу с Африкой под Гибралтарским проливом и Америку с Европой под Атлантическим океаном. Но с экономических и политических позиций подобные проекты выглядят утопично.

XXI в. становится веком городских тоннелей. Осваивать подземное пространство мегаполисов — вот настоящий вызов времени. В декабре 2018 г. Илон Маск в Лос-Анджелесе продемонстрировал первый высокоскоростной тоннель. Протяжённостью в 2 км, он был построен под городскими улицами всего за один год. Идея

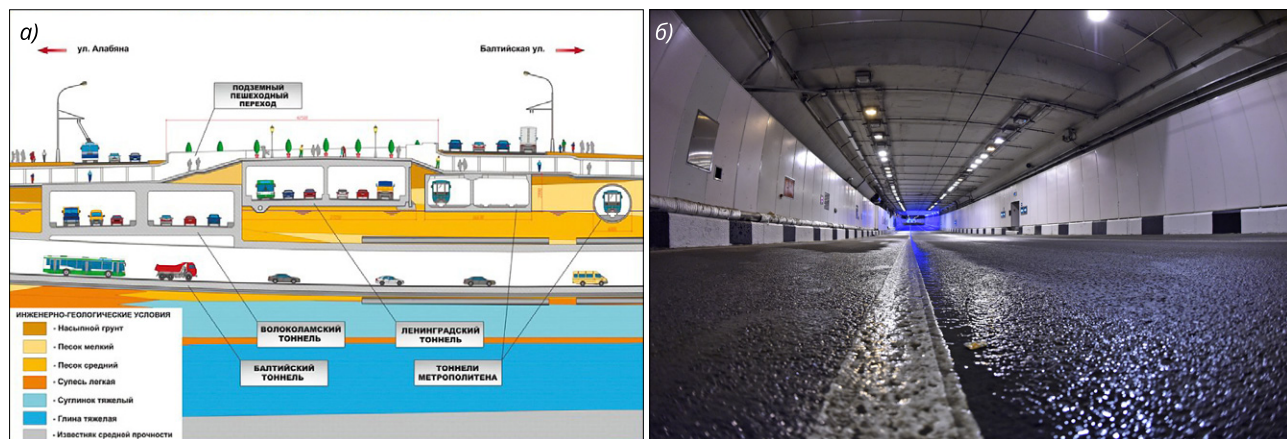



Рис. 30. Алабяно-Балтийский тоннель в Москве:

а) поперечное сечение Ленинградского проспекта после открытия тоннеля;

б) внутри Алабяно-Балтийского тоннеля



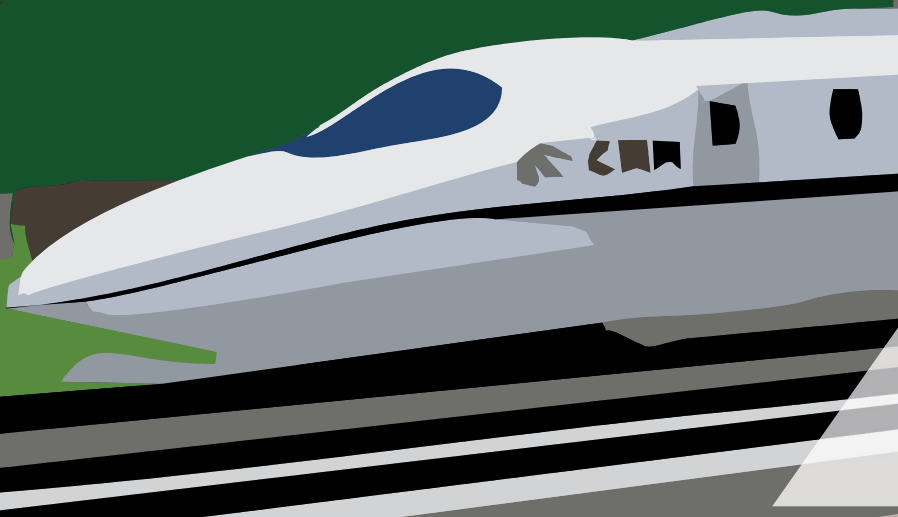
Рис. 31. Прототип тоннеля для скоростного городского транспорта

создать сеть таких тоннелей, бесспорно, замечательно, но сможет ли современное общество позволить себе реализовывать подобные проекты? Скоро узнаем и будем ждать появления новых невидимок, грациозно решающих проблемы наземной перегруженности дорог (рис. 31). 

Литература:

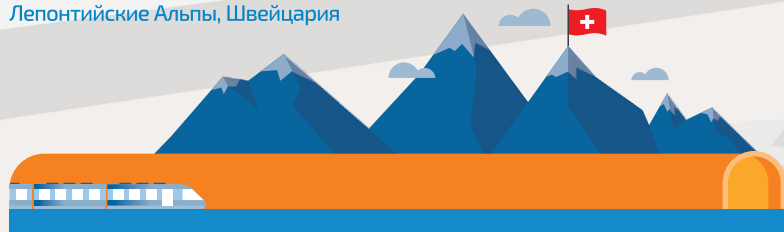
- Алданов С. Туннель в гробнице Сети I. URL: <https://aldanov.livejournal.com/347685.html> (дата обращения: 21.03.2019)
- Хачхарджи К. Самоподобие. URL: <https://www.proza.ru/2014/01/16/1012> (дата обращения: 21.03.2019)
- Hughes D. The Tunnel of Eupalinos. URL: <https://homepages.cwi.nl/~aeb/math/samos> (дата обращения: 21.03.2019)
- Маколи Д. Как это построено: от мостов до небоскребов. М.: Манн, Иванов и Фебер, 2015. 192 с.
- Геродот. История в девяти книгах. URL: <http://ancientrome.ru/antlittr/t.htm?a=1269003000#60> (дата обращения: 21.03.2019)
- Выпов И. Сурамский тоннель // «Метро». 1994. № 2. С. 41–45.
- Фельдзер К. Шагая через пролив // «Техника — молодёжи». 1967. № 9. С. 18–19.
- Симон И. Тоннель под Ла-Маншем // «Техника — молодёжи». 1940. № 4. С. 52.
- Федоров Ю. ...И все-таки, будет ли он построен? или Три главы из истории Ла-Маншского туннеля // «Техника — молодёжи». 1974. № 6. С. 28–35.
- Гребенщиков С. Прорыли и... забыли? // «Техника — молодёжи». 1985. № 8. С. 65–66.
- Тоннель под Ла-Маншем. Часть 3. Условия региона, осознание необходимости строительства и первые шаги. URL: <https://www.geoinfo.ru/product/analiticheskaya-sluzhba-geoinfo/tonnel-pod-la-manshem-chast-3-prohodka-39443.shtml> (дата обращения: 21.02.2019)
- Eurotunnel Group - Company Profile, Information, Business Description, History, Background Information on Eurotunnel Group. URL: <https://www.referenceforbusiness.com/history2/79/Eurotunnel-Group.html> (дата обращения: 21.03.2019)
- Asheesh. Construction of the Seikan Tunnel in Japan. URL: <https://www.brighthubengineering.com/structural-engineering/81802-construction-of-the-seikan-tunnel/> (дата обращения: 21.03.2019)
- Великие инфраструктурные проекты России / Соколова Е.Н. [и др.]. М.: ООО «Гражданский Альянс», 2010. 688 с.
- Крейнис, З.Л. Очерки истории железных дорог. Два столетия. М., 2007. 335 с.

САМЫЕ-САМЫЕ ТОННЕЛИ



ГОТАРДСКИЙ БАЗИСНЫЙ ТОННЕЛЬ
Лепонтийские Альпы, Швейцария

Длина — 57 км



Самый длинный
железнодорожный
тоннель мира
(кроме метро)

ТОННЕЛЬ СЭЙКАН
Сангарский пролив, Япония

Длина — 54 км



Второй по длине
железнодорожный
тоннель мира
и длинейший
проложенный
под водой

ЕВРОТОННЕЛЬ
Пролив Ла-Манш, Великобритания/Франция

Длина — 50 км



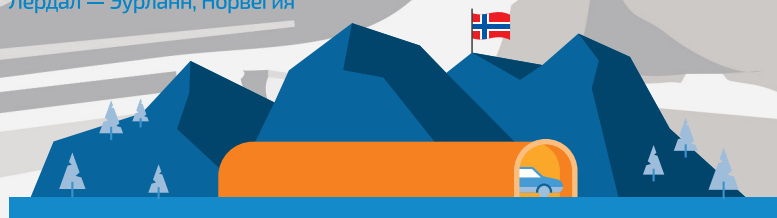
Самый длинный
международный
тоннель
и самый длинный
подводный сегмент

**Самый длинный
автодорожный
тоннель в мире**

ЛЕРДАЛЬСКИЙ ТОННЕЛЬ

Лердал — Эурланн, Норвегия

Длина — 24,5 км



**Самый длинный
автомобильный
тоннель в Китае**

ЧЖУННАНЬШАНСКИЙ ТОННЕЛЬ

Горы Циньлин, Китай

Длина — 18 км

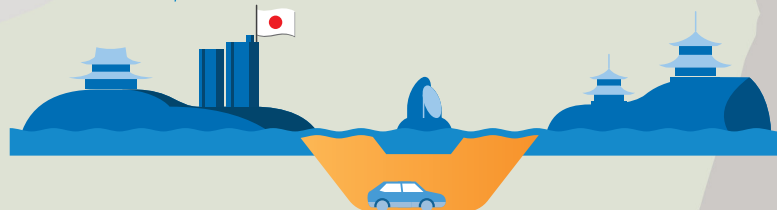


**Самый длинный
подводный
автомобильный
тоннель**

ТОННЕЛЬ АКВАЛАЙН

Токийский залив, Япония

Длина — 9,6 км



**Самый глубокий
в мире**

ЭЙКСУННСКИЙ ТОННЕЛЬ

Стурь-фьорд, Норвегия

**Длина — 7 км
глубина — 287 м**



ВІМ-технологии для всех стадий жизненного цикла автомобильных дорог

