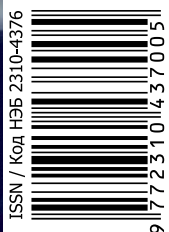


САПР и ГИС

автомобильных дорог

№ 2(13), 2019

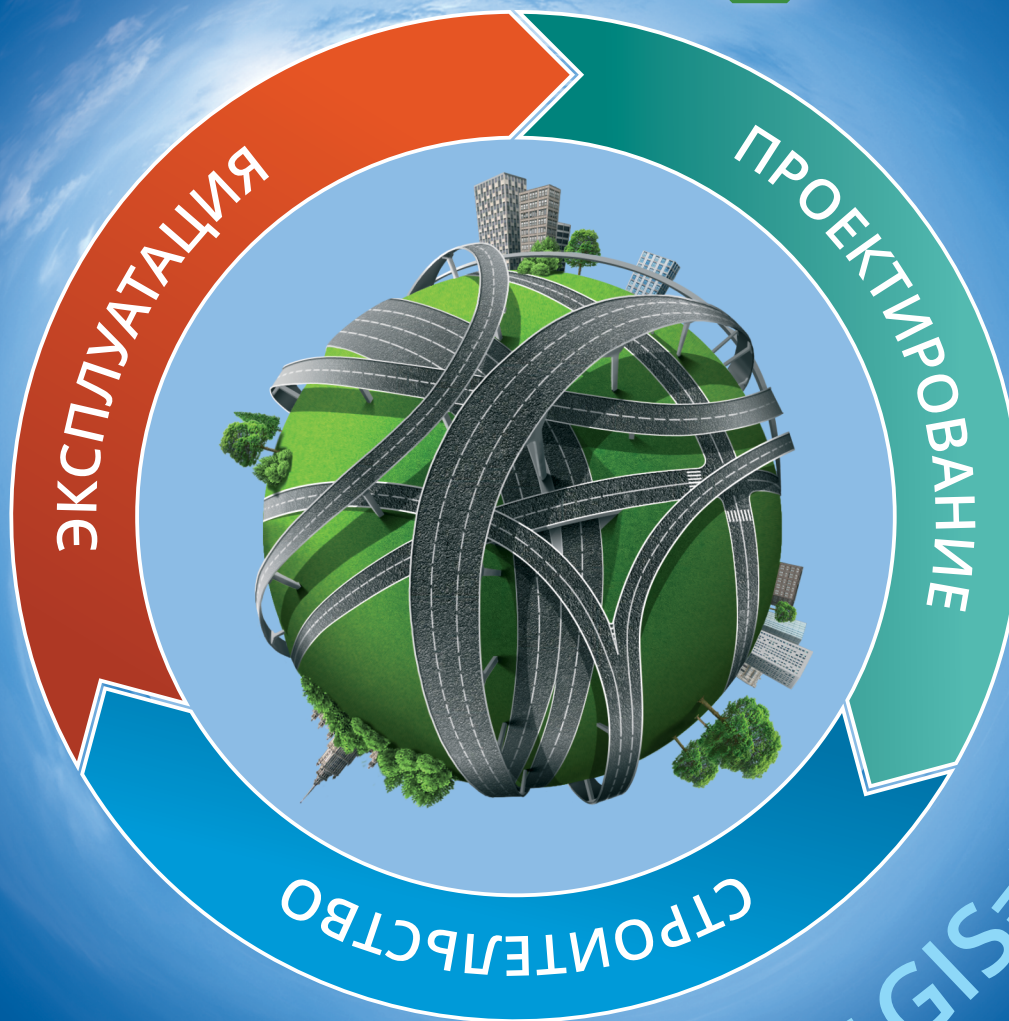
Тема номера:
Среда общих данных
стр. 4



BIM-технологии для всех стадий жизненного цикла автомобильных дорог



IndorCAD



IndorRoad

CAD+GIS=BIM



От главного редактора

Темой номера нашего журнала не случайно выбран один из ключевых элементов информационного моделирования автомобильных дорог — среда общих данных (СОД). В условиях, когда BIM-технологии получают всё более широкое практическое применение в дорожном хозяйстве, тема СОД вызывает большой интерес и горячие дискуссии в дорожном сообществе, поскольку становится очевидным, что без грамотного развёртывания и функционирования СОД внедрение технологий информационного моделирования может быть затруднительным.

Секция BIM открывается двумя статьями на тему СОД. В одной из них представлены размышления на тему роли среды общих данных как основного инструмента заказчика для управления всеми процессами и потоками информации и обеспечения своевременной и корректной передачи данных всем задействованным в процессе участникам. В другой — действующие инженеры-проектировщики рассказывают историю возникновения понятия СОД, дают обзор соответствующей нормативной базы и предлагают отечественный инструмент для развёртывания СОД — систему Ingipro, «заточенную» под строительную отрасль и соответствующую требованиям к СОД согласно стандарту BS 1192 и отечественному BIM-стандарту ГОСТ Р 58439.1.

В секции САПР представлен программный комплекс GeoReader для создания и модификации пространственной модели внутреннего строения автомобильных дорог. Ещё одна статья раскрывает возможности новых BIM-инструментов системы IndorCAD, ориентированные на изменение организационных подходов к разработке проектов.

ГИС-секция содержит статью, в которой анализируется готовность существующей дорожной инфраструктуры к массовому использованию высокоавтоматизированных транспортных средств. Вновь на страницах нашего журнала вы найдёте обзор практического применения ГИС IndorRoad, на этот раз — в Государственной компании «Автодор».

Персона номера — Васильев Юрий Эммануилович, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой дорожно-строительных материалов МАДИТУ (МАДИ).

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**

Свидетельство о регистрации средства массовой информации в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

ПИ № ФС 77-53497 от 04 апреля 2013 г.

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**

Цена свободная

Тираж — 1 000 экз. Формат 210×297

ДАТА ВЫХОДА

23 декабря 2019 г.

НАПЕЧАТАНО В ТИПОГРАФИИ

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «Д-ПРИНТ»

634021, г. Томск, ул. Герцена, 72б.

Телефон: +7 (3822) 52-10-01

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

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** Среда общих данных при реализации строительных объектов с применением BIM
Савенко А.И., Черенков П.В.
- 12** Среда общих данных как инструмент заказчика
Пискунов М.В.
- 18** Информационное моделирование автомагистрали на подходе к г. Новороссийску
Маргарян Д.С., Решетько А.Ю., Варнаков Я.А.

САПР

- 26** Программный комплекс для информационного моделирования георадарных данных GeoReader
Сухобок Ю.А., Курбатов М.С.
- 32** BIM-инструменты IndorCAD для разработки проектов на новом уровне
Снежко И.В., Петренко Д.А.
- 38** Расчёт гидравлических параметров водопропускных труб и его реализация в программных продуктах
Савельева Т.Н.

ГИС

- 44** Дорожная инфраструктура и высокоавтоматизированные транспортные средства
Евстигнеев И.А.
- 52** Применение ГИС Государственной компании «Автодор» для решения практических задач эксплуатации дорог
Дмитриенко В.Е., Кузовлев Е.Г., Шамраев Л.Г.

ПЕРСОНА

- 60** Персона: Васильев Юрий Эммануилович.
Дорога по наследству
Бойков В.Н.

ОБЩЕСТВО

- 66** Московско-Сибирский тракт: история самой большой в мире сухопутной магистрали
Вировец С.В.

Среда общих данных при реализации строительных объектов с применением BIM

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.1

Савенко А.И., заместитель главного инженера проекта ОАО «Институт Гипростроймост» (г. Москва)
Черенков П.В., генеральный директор ООО «ИНГИПРО» (г. Москва)

В статье приведён обзор понятия «среда общих данных» (СОД), история возникновения понятия и соответствующие стандарты. Описываются принципы развёртывания среды общих данных, доступные на сегодняшний день решения по развёртыванию, в том числе использование в качестве СОД альтернативных средств программного обеспечения. Как пример специализированной СОД для строительной сферы рассматривается система Ingipro (ООО «ИНГИПРО», г. Москва): описываются принципы работы и информационная безопасность системы.

Введение

В строительной отрасли активно внедряется технология информационного моделирования — BIM. Инженерное сообщество столкнулось с обилием новых терминов и понятий. Одно из них — среда общих данных (далее — СОД), и, как утверждают специалисты, её необходимо внедрять параллельно с BIM. Почему, какая от этого выгода и как всё сделать правильно — рассмотрим в данной статье. Авторы — действующие инженеры-проектировщики одного из ведущих институтов транспортного проектирования в России ОАО «Институт Гипростроймост» и сооснователи компании по разработке программного обеспечения в сфере строительства и проектирования ООО «ИНГИПРО».

Что такое СОД

Понятие «среда общих данных» было введено в британском своде правил для совместного производства архитектурной, инженерной и строительной информации [1] (далее BS 1192). В оригинале СОД называют CDE (англ. CDE — Common Data Environment). Приведём фрагмент из актуальной версии стандарта BS 1192:2007+A2:2016:

A “Common Data Environment” (CDE) approach should be adopted to allow information to be shared between all members of the project team. This is a repository, for example a project extranet or electronic document management system.

Дословный перевод:

Концепция «Среда общих данных» (Common Data Environment; CDE) рекомендована, чтобы обеспечить обмен информацией между всеми участниками команды проекта. Она представляет собой репозиторий, например экстрасеть (внешнюю сеть) проекта или систему электронного документооборота.

Все 40 страниц оригинального стандарта BS 1192 посвящены описанию процессов, сопровождающих обмен информацией при совместной работе над проектом, в основе которых лежит рекомендованный подход среды общих данных.

Впоследствии на основе BS 1192 были созданы стандарты ISO 19650-1:2018 [2] и ISO 19650-2:2018 [3], придавшие международный статус идеям, заложенным в оригинальный британский стандарт (в частности, понятию СОД), которые транслировались практически без изменения.

В июле 2019 года в действие введены две части отечественного стандарта:

- ГОСТ Р 58439.1–2019. Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 1. Понятия и принципы [4];
- ГОСТ Р 58439.2–2019. Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информа-

ционного моделирования. Часть 2. Стадия капитального строительства [5].

Эти стандарты являются русскоязычной адаптацией стандартов ISO 19650-1:2018 и ISO 19650-2:2018 соответственно. При этом понятие СОД и регламентированные процедуры являются практически калькой с оригинального BS 1192. Таким образом, всё, что сегодня нужно знать о СОД для отечественных специалистов, можно почерпнуть из указанных отечественных стандартов, международных ISO и при желании можно обратиться к первоисточнику — BS 1192.

Связь СОД и BIM

Важно отметить, что BS 1192 — это именно BIM-стандарт, причём один из фундаментальных. Введённые им понятия, включая СОД, имеют прямое отношение к технологии BIM.

Понятие BIM — Building Information Modelling (информационное моделирование зданий и сооружений) зародилось несколько десятков лет назад. Изначально под этим термином подразумевалась конкретная, инновационная на тот момент, технология объектно-ориентированного параметрического 3D-моделирования строительных объектов, но сейчас его часто используют в более широком смысле: Building Information Management, то есть управление информацией в процессе жизненного цикла зданий и сооружений.

Создание проектной информационной модели (англ. PIM — Project Information Model) с использованием объектно-ориентированного параметрического моделирования — это лишь часть работы в одном из этапов жизненного цикла сооружения. Является ли СОД частью BIM-технологии или это отдельный, пусть и сопутствующий её использованию, подход? Мнения специалистов расходятся, но задача хранения, обмена и управления данными всегда сопровождает BIM, а СОД и есть рекомендуемый BIM-стандартами подход к управлению данными, разработанный на основе лучших практик крупнейших британских и международных проектно-строительных компаний с учётом специфики строительной отрасли. Образно выражаясь, BIM без СОД — как самолёт без крыльев, не взлетит.

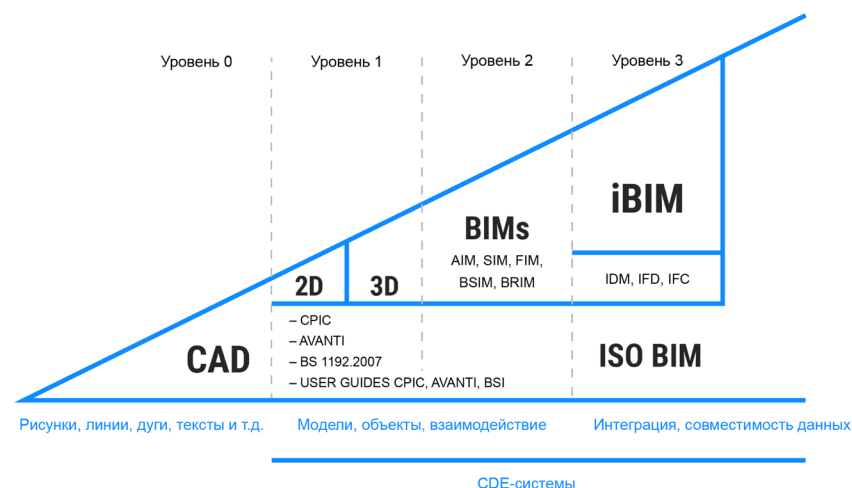


Рис. 1. Диаграмма Бью — Ричардса

Ниже на рисунке 1 представлена диаграмма Бью — Ричардса из другого фундаментального BIM-стандарта PAS 1192:2-2013 [6], которую приводят практически во всех источниках о BIM. Она отражает уровни зрелости при внедрении BIM-технологии.

Согласно диаграмме, с уровня 1, помимо непосредственно моделирования объекта строительства, внедряются особые процессы управления, регламентируемые в том числе стандартом BS 1192:2007. Это ещё раз подчёркивает, что современные стандарты не представляют технологию BIM без организации СОД.

Какие решения сегодня доступны для развёртывания СОД?

Развернуть СОД — значит, организовать единое информационное пространство и выстроить в нём процессы коллективной работы всех участников с разграничением их доступов. В самом определении СОД по стандарту BS 1192 очерчивается диапазон доступных вариантов реализации: «Она представляет собой репозиторий, например экстрасеть (внешнюю сеть) проекта или систему электронного документооборота». Самая простая форма СОД — это файловый сервер с разграничением доступа участников проекта. Однако есть более продвинутое решение, подразумевающее использование системы электронного документооборота (далее — СЭД).

Не всякое файловое хранилище и не всякая СЭД соответствуют требованиям стандарта BS 1192 и могут называться средой общих данных.

Принципы правильной СОД и варианты реализации

В стандарте BS 1192 подробно описаны требования к СОД, а также внедрены понятия и процедуры, основанные на лучших практиках. Фрагмент из него приведён на рисунке 2.

На иллюстрации приведена принципиальная схема СОД, включающая в себя 4 файловые зоны.

1. **WIP (Work in Progress)** — раздел рабочих данных («В работе»). Область СОД для хранения текущих данных одной из групп участников проекта. Информация в зоне WIP доступна только данной группе участников. По мере повышения степени проработки информации доступ к ней может быть предоставлен другим участникам проекта путём перемещения данных в другие файловые зоны.
2. **Shared** — раздел общих данных («Общий доступ»). Область СОД, где материалы участников проекта хранятся в общем доступе для смежных подразделений и контрагентов. Она используется для координации проекта.
3. **Published Documentation** — раздел опубликованных данных («Опубликовано»). Область СОД, куда выкладываются готовые, утверждённые материалы для передачи их во вне — контрагентам или заказчику.
4. **Archive** — раздел архивных данных («Архив»). Область СОД для долгосрочного хранения данных после завершения проекта.

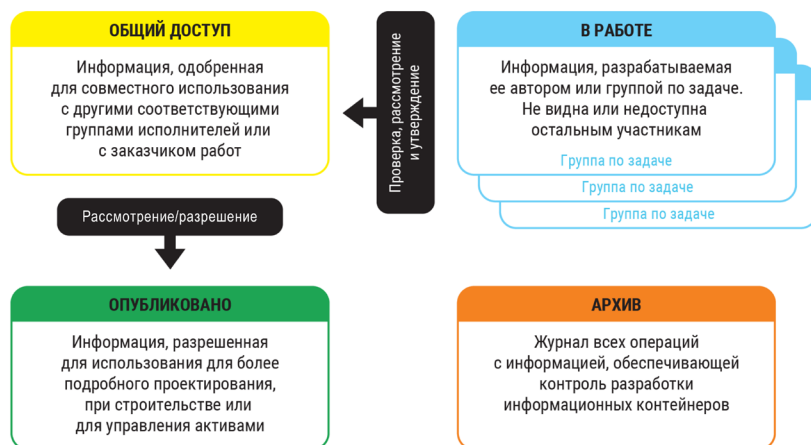


Рис. 2. Структура среды общих данных по ГОСТ Р 58439.1 и BS 1192

Движение документов и моделей между зонами СОД сопровождается рядом процессов. Например, переходу материалов из зоны «В работе» в зону «Общее» предшествуют процессы рассмотрения, проверки и согласования. В стандарте BS 1192 этим процессам уделено огромное внимание: их рассмотрение и конкретизация занимает основную часть.

Также методика работы по BS 1192 подразумевает два важных элемента.

- Использование правильных именований файлов и моделей. В стандарте предложена универсальная структура и принцип кодификации.
- Применение статусов. Статус — это атрибут единицы информации (документ, модель и т.п.), позволяющий участникам идентифицировать, как правильно её можно использовать в работе и какая степень «зрелости» ей соответствует. Примеры статусов приведены ниже при демонстрации возможностей информационной системы Ingipro (ООО «ИНГИПРО», г. Москва).

Да, среду данных можно организовать при помощи обычных сетевых папок — это самое простое и доступное решение. Так и поступают многие компании при внедрении BIM. Но в дополнение к обычному файловому серверу, которым пользовались и раньше со времён появления такой технической возможности, необходимо наличие регламентированных процессов в связке с правилами именования информационных контейнеров и использованием статусов. Это отличает «правильную» среду общих данных. По сути, СОД — это не некое новое изобретение, а рекомендация

по применению лучших практик ведущих компаний, выработанных богатым опытом.

По мере работы в среде общих данных, организованной простым способом, компании осознают ограничения и принимают осознанное решение о переходе на специализированные программные решения, заточенные под соответствующие задачи и дающие дополнительные возможности. Одним из таких решений является система Ingipro.

Зачем нужна СОД участникам проекта?

Чем позже выявляются коллизии и вносятся корректировки в проект, тем выше стоимость их исправления. Необходимо обеспечить своевременное взаимодействие участников

проекта, что позволит выявить междисциплинарные коллизии на ранних стадиях проекта, когда возможность внесения изменений в проект велика, а стоимость изменений относительно мала. Это отражает известная диаграмма Патрика Маклейма (рис. 3).

СОД — это основной инструмент, при помощи которого реализуется идея, отражённая на диаграмме, и, как следствие, достигается экономический эффект от внедрения BIM. Поэтому так важно уделить особое внимание построению эффективной СОД.

Эффективность СОД зависит от варианта её реализации. Так, среда данных в виде сетевого сервера при всей своей простоте и доступности является не самым эффективным инструментом. Максимального эффекта в терминах диаграммы Патрика Маклейма позволяют достичь специализированные программные решения, ориентированные на строительную отрасль.

Перечислим основные проблемы и ограничения СОД, организованной на обычных сетевых папках.

- Отсутствие логирования действий пользователей, что ведёт к потере информации о событиях, происходящих с файлом, и лишает юридической значимости манипуляции над ним. Пример: в сетевой папке находится файл без достоверных сведений о том, кто его создал, с какой целью его туда поместил, является ли он самой актуальной версией и прочее.

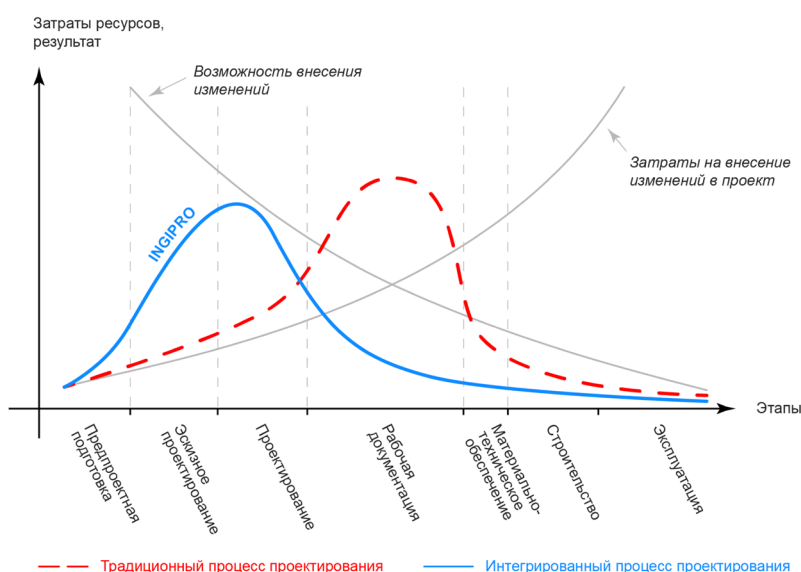


Рис. 3. Диаграмма Патрика Маклейма

- Обычные файлы и папки не дают возможности цифровизировать процессы в юридически значимом формате — провести проверку, согласовать и утвердить документацию. Без специализированной системы электронного документооборота, позволяющей отслеживать процессы, подобная работа вынужденно производится полуархаичными методами, не соответствующими трендам цифровизации отрасли.
- Проблема с хранением истории, предыдущих версий документов и моделей. Для поддержания порядка в СОД требуется высокая культура работы с СОД участников проекта, т.к. при отсутствии или нарушении элементарных правил файловая система рискует превратиться в банальную «файлопомойку». Наличие системы со специализированным функционалом позволяет существенно структурировать и упорядочить хранилище данных, не отдавая это на откуп человеческому фактору.
- Для просмотра файлов, помещённых на сетевой сервер, участникам проекта требуется специальное программное обеспечение (ПО). Проблема, таящаяся в этой банальной истине, не столь очевидна специалистам, привыкшим работать в обычных CAD-системах, в частности в AutoCAD. При обычном проектировании самый распространённый формат — DWG, и, как правило, AutoCAD установлен буквально на всех рабочих местах, а если его нет, можно использовать бесплатные DWG-просмотрщики. В BIM всё по-другому. Количество специализированного софта и порождаемых им проприетарных форматов многообразно, а роли участников проекта специализированы. Пример: выделяется чётко роль конструктора-моделировщика, которому необходима специализированная дорогостоящая CAD-система с поддержкой методологии BIM. У остальных участников проекта иные задачи, но всё равно для просмотра моделей, сборки сводных междисциплинарных моделей, проверки, поиска коллизий им придётся приобрести другое (не конструкторское) специализированное ПО, потратить на это деньги и время на обучение пользователей. А специализированное ПО для развёртывания СОД может нести в себе

внутренние инструменты для просмотра моделей и работы с ними, позволяя существенно снизить общие затраты заказчика и всех подрядчиков, вовлечённых в проект.

- Безопасность. Да, к папкам можно организовать разграничение доступа, но реализуется это настолько негибко и неудобно, что часто на это закрывают глаза, и все участники проекта видят всё внутри проекта с правами на скачивание. Ограничение действий пользователей отдаётся на откуп их совести и порядочности. Подобное пренебрежение дорогое обойдётся, если один из участников проекта «унесёт» все документы из общего архива «на сторону», а таких историй, к сожалению, хватает. А если ещё и логирование действий пользователей не производится, то невозможно даже вычислить вредителя. Безнаказанность порождает безответственность. Специализированное ПО даёт куда более мощный и гибкий функционал и защиту прав собственников информации.

У кого должен быть развёрнут сервер СОД?

Согласно принятым в России стандартам СОД должен организовать заказчик. Это кажется логичным, т.к. именно он платит за создание определённых данных, его правом и даже обязанностью является хранение этих данных. К тому же ключевой принцип СОД — предоставление единого источника актуальной и достоверной информации, и в таком случае территория заказчика выглядит наиболее уместной. Однако это таит в себе некоторые подводные камни и может работать только в узком смысле понимания СОД как конечного архива данных, в который стекаются результаты деятельности подрядчиков. Такая трактовка СОД не соответствует рекомендациям BIM-стандартов, а значит, не обеспечивает наибольшую эффективность процесса. При таком подходе никакой речи не может идти о том, чтобы участники проекта непосредственно работали в общей среде, потому что каждый в процессе использует технологии и наработки, которые могут представлять коммерческую тайну и не обязаны раскрываться ни контрагентам, ни заказчику. Итоговая продукция — это лишь малая часть

порождаемых в проекте данных, большая часть которых принадлежит исполнителю, а не клиенту. С этой точки зрения требование к проектировщику осуществлять свою производственную деятельность и хранить данные на сервере заказчика выглядит непредусмотрительно.

Таким образом встаёт вопрос о создании «распределённой» среды общих данных, отдельные части которой могут принадлежать и управляться разными участниками. При этом данные одного участника или группы могут быть доступны другим, но недоступны третьим в зависимости от прав. Рискнём предположить, что за такой системой будущее. Но сегодня её нет. Поэтому мы считаем возможным подход, когда каждый из участников может иметь свою СОД и часть данных будет дублироваться в нескольких системах одновременно, при этом одна из них в известном смысле может считаться эталонным первоисточником. Отчасти это противоречит идее единого источника данных, но это вынужденное временное решение, пока проблема не будет решена в ближайшем будущем разработчиками специализированного ПО. Приведём пример.

- Заказчик развернул СОД у себя, и в неё стекается информация ото всех участников. СОД заказчика является для всех участников единым источником актуальной информации.
- Проектировщик развернул СОД внутри организации для осуществления своих внутренних процессов и координации подразделений, участвующих в проекте. По мере развития проектов и выполнения соответствующих процедур итоговая, утверждённая информационная продукция выгружается в определённые разделы СОД заказчика.

Альтернативные взгляды на СОД

Понятия BIM и СОД ещё не в полной мере сформировались и вошли в обиход, потому существуют вариации их представления [7, 8]. Производители ПО активно используют эту неопределённость для продвижения своего продукта (созданного для решения других задач) как инструмента для развёртывания СОД. Наиболее экстравагантный вариант развёртывания СОД, с кото-

рым встречались авторы, — это применение CRM-системы для ведения проекта. CRM — инструмент, востребованный в сфере продаж и позволяющий вести учёт клиентов, а также «продвигать» сделки по этапам, так называемой воронке продаж. В CRM есть хранилище документов с распределением прав доступа, а также функционал для смены статуса файлов и проектов по мере продвижения по воронке продаж, что по косвенным признакам напоминает движение документов и моделей по файловым зонам и смену статусов в BIM-проекте. К тому же CRM уже была в наличии у девелопера-заказчика, и ему не пришлось закупать дополнительное ПО. Надо признать, идея действительно оригинальная. Однако CRM — это всё-таки специализированный функционал под конкретные задачи, и применить его для ведения строительных проектов можно лишь с натяжкой. Узкая специализация системы создаёт определённые ограничения.

То же самое можно сказать о возможности применения электронной системы, ориентированной на организационно-распорядительный документооборот, в качестве СОД. В таких системах тоже можно хранить документы, организовывать распределение доступа к данным, создавать задачи и отслеживать процессы. Такие примеры тоже есть. Но всё-таки использование узкоспециализированного ПО из других сфер в качестве СОД — не лучшая идея. Специализированное ПО имеет специализированный функционал, часть которого не будет использоваться, а интерфейс программы будет перегружен. Вместе с тем в таком ПО, как правило, не хватает некоторых функций для эффективного управления проектно-строительной информацией. А доработка и адаптация ПО будет как минимум сопоставима с покупкой готового специализированного ПО.

Можно ожидать, что в ближайшем будущем, пока понятие СОД окон-

чательно не утвердится, возникнут и другие варианты применения различных типов ПО «не по назначению». С одной стороны, это даже полезно для индустрии — позволит осознать реальные потребности участников, выработать те самые лучшие практики, осознать и отсеять неподходящее. С другой стороны, кто хочет, чтобы развитие происходило за его счёт? Поэтому рекомендуется осторожно подходить к выбору ПО для развёртывания СОД. В крайнем случае, не будет ошибкой начать с самого простого варианта — сетевого сервера, а по мере роста опыта и компетенций уже двигаться в сторону дальнейшей цифровизации процессов.

Система Ingipro

Информационная система Ingipro — отечественный инструмент для развёртывания СОД, разрабатываемый одноимённой компанией. Решение ориентировано на строительную отрасль и соответствует требованиям к СОД согласно стандарту BS 1192 и отечественному BIM-стандарту ГОСТ Р 58439.1. Можно сказать, что Ingipro — это СОД с процессами и методологией по BIM-стандарту «из коробки».

Интерфейс системы Ingipro напоминает обычную файловую систему. На рисунке 4 приведено изображение списка проектов в системе. Доступ к каждому проекту настраивается индивидуально.

Для работы системы нужен только браузер и интернет. Особых требований к аппаратным мощностям компьютеров не предъявляется. Серверы системы находятся на территории РФ, а при необходимости СОД может быть развёрнута полностью на серверах клиента.

На сегодняшний день Ingipro, пожалуй, единственная система, в которой на «генетическом» уровне поддерживаются понятия BIM-зоны и BIM-статусов, описанные в BS 1192 и ГОСТ Р 58439.1. Это означает, что система изначально спроектирована под эти требования и на использование зон и статусов завязаны фундаментальные функции, например модель распределения прав доступа.

На рисунке 5 показана шаблонная таблица статусов во вновь созданном проекте.

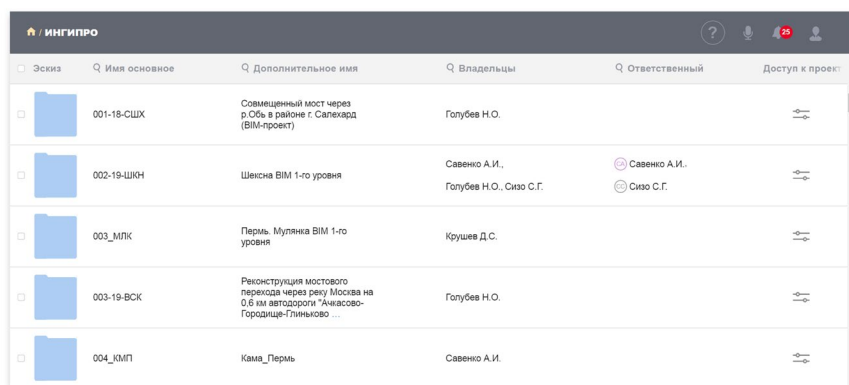


Рис. 4. Навигатор проектов в системе Ingipro

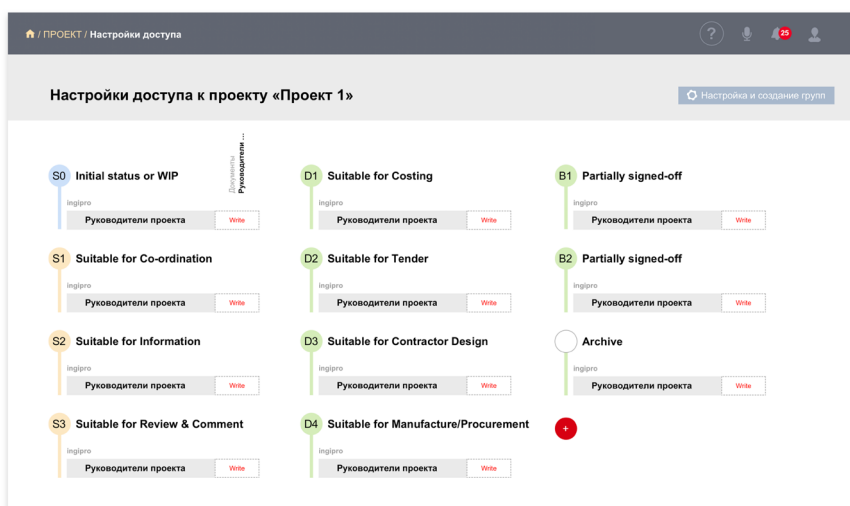


Рис. 5. Стандартная таблица статусов в проекте Ingipro

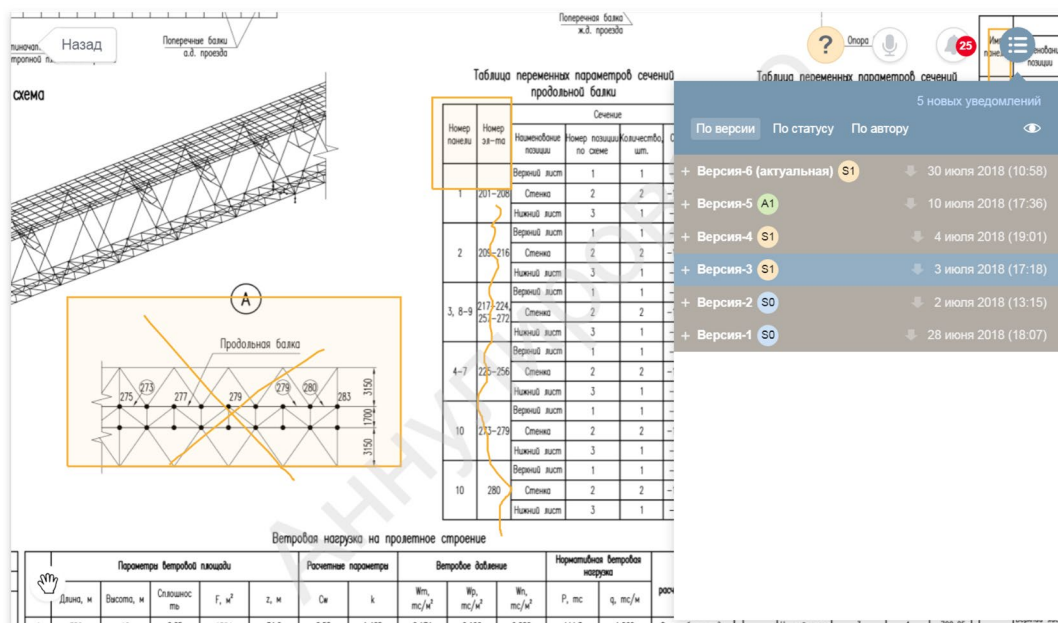


Рис. 6. Структура версий документа с применением BIM-статусов

Перечень статусов, приведённых на рисунке 5, соответствует рекомендации BS 1192, но при желании менеджер проектов может его отредактировать: удалить статусы, переименовать или создать новые.

Рассмотрим некоторые функциональные особенности системы, в частности, как применение статусов работает на практике и как конкретно реализованы идеи из BS 1192. На рисунке 6 крупным планом изображён список версий документа. В данном случае это обычный 2D-документ. Работа с 3D-моделями будет показана ниже.

В списке показаны все шесть версий документа с присвоенными им статусами. На экране отображено содержимое самой последней, актуальной версии № 6. Прочие версии можно отобразить по клику мышки в списке версий.

Статус **S0** у первой и второй версий показывает, что версия документа находится в рабочей зоне (Work In Progress) и доступна только внутри бригады, которая этот документ разрабатывает, и недоступна смежным подразделениям.

Версии 3 и 4 были открыты для информации смежникам путём присвоения статуса **S1** — «Для информации», что автоматически переместило версию документа в открытую зону (Shared). Версия 5 прошла путь согласования и была утверждена, о чём свидетельствует статус **A1** («Утверждена»), и теперь находится в зоне опубликованной документации (Published), где доступна в том числе заказчику и участникам проекта из других организаций. Кому конкретно и с какими правами — настраивается в специальном интерфейсе администратором проекта или BIM-менеджером.

Обратите внимание, что после пятой версии появилась шестая. То есть работа над докумен-

том внутри рабочей группы (WIP) продолжается. Пока эта версия документа находится в рабочей зоне со статусом **S0**, она недоступна смежным подразделениям и тем более контрагентам из других организаций. По наличию замечаний на холсте видно, что документ проходит проверку внутри группы и версия документа пока не готова к публикации в общей зоне для смежников. Когда участники рабочей группы открывают этот документ, они видят статус последней версии **S0** и статус **A1** у предыдущей. Это показывает, что смежники работают с версией № 5 и не осведомлены о существовании шестой версии. Это служит для разработчиков дополнительной мотивацией как можно быстрее закончить внутренний процесс и выдать смежникам новую версию.

Все шесть версий документа сведены в едином списке, но при этом находятся в трёх разных зонах видимости: рабочая зона (WIP), общая зона (Shared), зона опубликованной документации (Published). Три из них (1, 2, 6) со всеми замечаниями и перепиской видны только рабочей группе и недоступны смежным подразделениям. Для публикации версий 3, 4, 5 в других зонах не пришлось физически копировать или перемещать файл — операция совершена простой сменой статуса. Именно это подразумевалось под понятием «генетическая» поддержка зон и статусов по BS 1192.

Перейдём к 3D-моделям. Их отображение поддерживается в универсальном BIM-формате IFC, что позволяет загружать в систему модели, сделанные в разных CAD-системах. Также Ingipro позволяет осуществлять сборку сводных междисциплинарных моделей и их просмотр прямо в системе без использования дополнительного

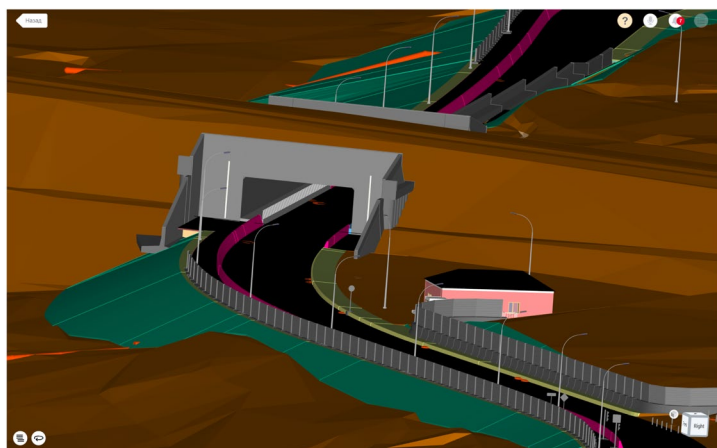


Рис. 7. Сводная междисциплинарная модель в Ingipro

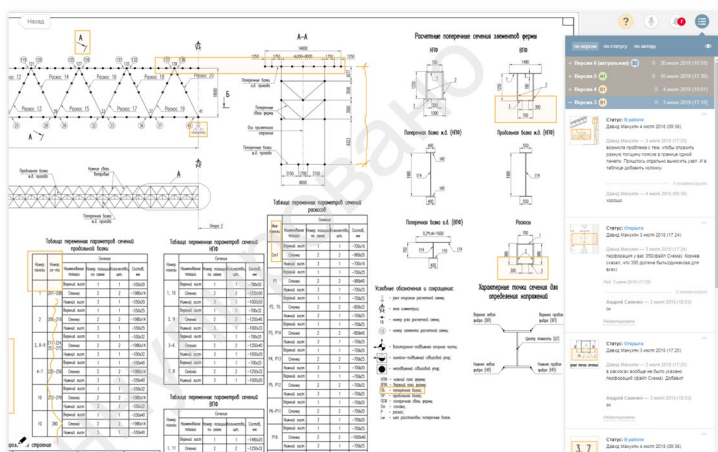


Рис. 8. Проверка документов в Ingipro

ПО. Это даёт экономию на оснащении рабочих мест всех участников проекта.

На рисунке 7 приведён характерный пример сводной модели железобетонного тоннеля и подходов, созданной специалистами ОАО «Институт Гипростроймост». Сама сводная модель собрана из компонентов, сохранённых в формате IFC (при создании этой модели использовались три CAD-системы: Revit, Civil 3D и SolidWorks), и отображена средствами системы Ingipro. Такой подход позволяет не привязываться к линейке продуктов одного производителя на будущих объектах. Таким образом поддерживается интероперабельность и подход OpenBIM.

На моделях можно пользоваться зонами и статусами для обмена, оставлять замечания, обсуждать в чатах, как и на обычных документах.

Помимо реализации поддержки понятий «зоны» и «статусы», в Ingipro присутствует функционал, с помощью которого можно удобно организовать процессы проверки и согласования документации по стандарту BS 1192. Напомним, выполнение процедуры рассмотрения, проверки и согласования необходимо на каждом этапе

жизни документа или модели по мере их движения по зонам СОД.

Проверка документов представлена на рисунке 8.

Перечислим основные функции Ingipro для проверки документов.

- Замечания формируются прямо на документе с привязкой к графическому контексту. Важно отметить, что это облачный сервис, поэтому с данным документом может одновременно работать неограниченное число участников, каждый из которых будет мгновенно видеть появление чужих замечаний. У каждого замечания есть свой чат, где участники проекта могут обсудить его в режиме реального времени, а противоречивые замечания снять на месте без долгих итерационных процедур пересылки документа друг другу по электронной почте или, что ещё хуже, через бумажный документооборот.
- На 3D-моделях замечания можно оставлять аналогичным образом.
- Вся история версий документа доступна в списке на панели справа. Каждая версия хранит свою метаданную: замечания и их обсуждение. Соответственно можно легко и быстро восстановить контекст принятых решений и их историю, а также не путаться в очередности и актуальности версий.
- Система имеет дополнительные функции для удобства работы с документами и моделями, существенно повышающие качество коммуникации:
 - сравнение версий документов с автоматическим отображением различий — мощный инструмент процедуры проверки документации, повышающий скорость и качество;
 - сборка сводной междисциплинарной модели прямо в системе без стороннего ПО позволяет существенно снизить затраты на оснащение всех участников проекта инструментами выявления междисциплинарных коллизий на самых ранних стадиях работы с информацией;
 - функция проведения аудиосовещаний прямо в системе с возможностью создания аннотаций на документах и переписки в чатах — своеобразный «скайп для инженера», в котором участники как будто бы находятся на совещании за единым столом и работают с лежащими на нём документами;
 - возможность создания ссылки на конкретный документ или даже конкретное место документа открывает возможности для дистанционных коммуникаций с использованием документов;
 - разделение понятий «модель» и «документ». В рамках одной версии единого информационного контейнера в системе (термин согласно BS 1192) может храниться несколько представлений документа.

Например, исходный нативный файл в формате RVT, полученный на его основе комплект плоских чертежей в формате PDF, условно «мёртвая» модель в формате IFC. К каждой из этих сущностей может быть независимо предоставлен доступ. Вы можете дать контрагенту право на просмотр PDF и IFC с возможностью или без возможности скачивания этих файлов, но не дать доступ к нативному формату RVT, который хранится там же, рядом с ними, в одном контейнере.

Опыт использования системы Ingipro в ОАО «Институт Гипростроймост» позволил открыть дополнительные перспективы применения системы в качестве единой базы знаний и платформы для накопления инженерного опыта компании [9].

Информационная безопасность системы Ingipro

Создание архива документации несёт в себе заманчивые перспективы, но вместе с тем и риски, что контроль за сохранностью этой информации будет утерян. Некоторые примеры проблем были приведены выше.

Система Ingipro как платформа для хранения проектной информации имеет средства защиты информации.

1. Базовая функция системы — разграничение прав доступа. Каждый проект по умолчанию приватный. Доступ участникам организуется специальными действиями.
2. Права доступа настраиваются гибко благодаря новому подходу с использованием рабочих групп и статусов. Доступ даётся не только к документам, но и к конкретным версиям документов. Это значит, что можно открыть доступ только к финальной версии, скрыв предыдущую историю документа.
3. Файлы и метаданные хранятся на защищённом сервере. При доступе только на просмотр документы, чертежи и 3D-модели доступны для работы только в рамках СОД. При определённых правах доступа можно скачать модель в формате IFC (без семейств и параметризации) или PDF-файл. Скачать исходный файл можно, только если у пользователя есть расширенные права на скачивание.

4. Ни с какими правами доступа нельзя скачать метаданные — замечания на документах и моделях, переписку в чатах, материалы аудиосовещаний. Всё это доступно в привязке к документам и моделям только через систему.

5. К вопросу безопасности следует отнести следующие факты:

- система Ingipro является полностью отечественной разработкой, которая находится в реестре отечественного ПО (регистрационный номер 5114, дата регистрации 10 января 2019 [10]);
 - система проходит процедуру сертификации ФСТЭК, на данном этапе получено положительное предварительное заключение о надёжности и безопасности системы.
6. Как отмечалось ранее, серверы системы Ingipro расположены на территории РФ, а при желании есть возможность развернуть СОД полностью на серверах клиента.

Перечисленные преимущества системы Ingipro в части безопасности открывают возможности использования системы на предприятиях любого уровня, в том числе в госсекторе и на режимных объектах строительства.

Заключение

В статье приведён обзор понятия «среда общих данных», история возникновения понятия и соответствующие стандарты. В современном понимании технологии информационного моделирования и менеджмента СОД — это неотъемлемый элемент технологии информационного моделирования. СОД можно развернуть различными способами, но, чтобы достигнуть целей внедрения BIM-технологий, она должна быть организована в соответствии с BIM-стандартами, поскольку только в этом случае будет максимально эффективной. Следует заметить, что при всей своей простоте и доступности файловый сервер уступает специализированным решениям, ориентированным на задачу развёртывания СОД. СОД — это ключевая субстанция, которая позволяет технологии BIM реально повышать эффективность процесса, экономить время и деньги. Это значит, что инвестиции в повышение эффективности СОД напрямую влияют на достижение конечной цели внедрения BIM.

На сегодняшний день на рынке специализированных решений есть полностью отечественные разработки, соответствующие требованиям безопасности и решающие проблемы хранения данных на территории РФ. Одна из таких разработок — система Ingipro, созданная инженерами для инженеров и ориентированная на строительную отрасль. ■

Литература:

1. BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information — Code of practice. 2008. 38 p.
2. ISO 19650-1:2018. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles. 2018. 34 p.
3. ISO 19650-2:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets. 2018. 26 p.
4. ГОСТ Р 58439.1–2019. Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 1. Понятия и принципы. М., 2019. 36 с.
5. ГОСТ Р 58439.2–2019. Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 2. Стадия капитального строительства. М., 2019. 28 с.
6. PAS 1192:2–2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. 2013. 28 p.
7. 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
8. 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.
9. Савенко А.И. Опыт использования системы Ingipro и дополнительные возможности // Журнал ОАО «Институт Гипростроймост». 2019. № 13. С. 156–164.
10. INGIPRO. Сведения о правообладателях программного обеспечения // Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. URL: <https://reestr.minsvyaz.ru/reestr/141573/> (дата обращения: 12.12.2019)

Среда общих данных как инструмент заказчика

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.2

Пискунов М.В., начальник отдела информатизации ООО «Автодор-Инжиниринг» (г. Москва)

В статье рассматриваются проблемы применения среды общих данных в дорожном строительстве. Описываются задачи заказчика, которые требуют автоматизации, и возможности использования САПР, ГИС и СЭД для решения этих задач (плюсы и минусы каждой системы). Рассматриваются факторы, которые препятствуют созданию единого программного обеспечения, отвечающего потребностям заказчиков, и возможный выход из сложившейся ситуации. Определяются преимущества создания отдельного модуля среды общих данных, который обеспечил бы автоматизацию процесса сбора, хранения, передачи информации, а также безопасный доступ к данным всем участникам процесса.

Введение

Представим огромную информационную систему, управляющую полным жизненным циклом автомобильной дороги. Из чего она состоит? Как взаимодействуют её части между собой? Кто ею управляет?

Бесконечные потоки информации стекаются в неё отовсюду, на каждом этапе работы создаётся и используется огромное количество данных. Однако данных самих по себе при этом недостаточно: необходим дополнительный инструмент — основной регулятор всех процессов, способный управлять этим необъятным пото-

ком информации, обеспечивать своевременную и корректную передачу данных всем задействованным в процессе участникам. Как же должен работать этот инструмент? Как сделать так, чтобы информация приносила пользу?

Для этого необходимо понимать, как работают части системы, как они связаны между собой и что необходимо для поддержания нормального функционирования каждого отдельного элемента. Какая информация и в какой момент нужна участникам процесса на определённом этапе жизненного цикла дороги, а какие данные будут лишними и только помешают работе. Только по-



сле этого можно выстраивать мозаику общего, концептуального представления, основных принципов функционирования всей системы в целом.

Анализируя вышесказанное, можно прийти к выводу, что в сфере строительства автомобильных дорог функции такого инструмента, объединяющего все элементы сложной системы воедино, выполняет заказчик. Именно он управляет всеми участниками процесса строительства и главным ресурсом — финансами. Именно он определяет основные направления инвестирования и формирует технические задания на проектирование, строительство и эксплуатацию участков автомобильных дорог, рассматривает и согласовывает различную документацию, производит проверку выполненных работ на предмет соответствия действующим нормам и правилам и производит их приёмку и оплату. Конкретные функциональные задачи решают уже другие участники процесса, такие как проектировщик, подрядчик, строительный контроль, авторский надзор и множество субподрядных организаций по всем направлениям. А роль некоего общего банка данных играет автоматизированная информационная система для организации дорожных работ. Компьютерная программа. Инструмент, с помощью которого все участники могут автоматизировать свои бизнес-процессы и взаимодействовать друг с другом в рамках единой информационной среды — среды общих данных (СОД) [1].

В настоящее время в сфере проектирования и строительства автомобильных дорог используется множество различных программных продуктов с набором своих функций, предназначенных для решения определённых задач. Некоторые из них применяются проектировщиками для создания проекта строительства или реконструкции участка дороги, в том числе с построением его цифровой 3D-модели, с использованием технологий BIM-моделирования. Другие нужны подрядным организациям для того, чтобы оптимизировать хозяйственную деятельность и сэкономить на правильной организации использования различных ресурсов при производстве строительного-монтажных работ. Но что и как из этого мно-

жества программных продуктов использует заказчик для решения своих вопросов в части организации дорожных работ на стадии строительства?

Ответ на такой вопрос кажется парадоксальным: почти ничего. Разве что стандартные системы электронного документооборота. Но как же такое возможно?

Неужели у заказчика отсутствуют функциональные задачи, которые необходимо автоматизировать? Неужели подход XX века по работе с бумажными документами и стандартными офисными программами полностью обеспечивает потребности заказчика при управлении проектами строительства автомобильных дорог в современных условиях? Да и как при помощи таких инструментов работать с информационными 3D-моделями, которые уже используются во всём мире и в сфере строительства автомобильных дорог начинают применяться и в нашей стране?

Вот тут мы подходим к главным ответам на эти вопросы.

1. Потребности в автоматизации функций организации дорожных работ на стадии строительства у заказчика, безусловно, существуют.
2. Программные продукты, которые бы полностью обеспечивали эти потребности, по крайней мере отечественные, в настоящее время отсутствуют.

Какой же существует выход из этой ситуации? Какие основные задачи стоят перед заказчиком на стадии строительства объекта, которые подлежат автоматизации, включая механизмы использования BIM-моделей? То есть каковы основные требования к такой системе или на что должна быть способна среда общих данных, которая нужна заказчику? Рассмотрим ниже задачи заказчика, которые требуется решить силами автоматизированной среды общих данных.

Требования к среде общих данных

1. Обеспечение сбора, обработки и хранения всей инженерно-технической документации по проекту на стадии строительства, включая обеспечение версионности всех файлов и сохранение истории их изменений.
2. Предоставление доступа к необходимой информации всем участни-

кам, а именно: проектировщику, подрядчику, строительному контролю, авторскому надзору, множеству субподрядных организаций по всем направлениям, а также самому заказчику, в том числе при работе с мобильными устройствами, такими как планшет и смартфон, непосредственно на объекте.

3. Автоматизация оформления исполнительной документации, включающая для подрядчика и его субподрядчиков дублирование операций в различных офисных программах и одновременно обеспечивающая равномерное поступление информации о выполненных работах в систему.
4. Автоматизация поступления информации в систему путём использования на рабочих органах дорожно-строительной техники ГЛОНАСС-датчиков, обеспечивающих автоматическое управление и контроль положения рабочего органа техники и одновременно передающих данные об объёмах выполненных работ в систему в режиме реального времени.
5. Автоматизация проверки, рассмотрения и согласования документов всеми участниками с использованием специализированного инструментария (автоматизированное сравнение чертежей, 3D-моделей, ведомостей, коллигальное рассмотрение документов с использованием обычного и голосового чатов, акцептирование документов с использованием электронно-цифровой подписи (ЭЦП), поддержка штрихкодов и т.п.).
6. Автоматизация работы с 3D-BIM-моделью, обеспечивающая возможность привязки атрибутивных данных (проектной, рабочей и исполнительной документации, предписаний, отчётов, фото- и видеоматериалов, комментариев и т.п.) к каждому элементу 3D-модели с пометкой этого элемента (изменением его статуса).
7. Автоматизация работы строительного контроля и авторского надзора в системе, обеспечивающая возможность добавления атрибутивных данных в систему (предписаний, фото- и видеоматериалов, комментариев и т.п.) в режиме реального времени непосредственно

на объекте строительства с привязкой их к ГЛОНАСС-координатам и 3D-модели, а также возможность автоматизированного формирования ежемесячных отчётов строительного контроля и авторского надзора.

8. Автоматизация приёмки и учёта выполненных работ с использованием современных средств контроля, в том числе с использованием беспилотных летательных аппаратов с ГЛОНАСС-оборудованием для лазерной и аэрофотосъёмки.
9. Возможность интеграции и автоматизированного обмена данными между системами финансового планирования заказчика в части предоставления исходных данных об объёмах и стоимости фактически выполненных работ вне зависимости от того, приняты они заказчиком или нет. Также СОД-система может являться одним из основных источников данных для так называемого «монитора руководителя» — системы, которая помогает руководителю принимать оптимальные управленческие решения на основе информации о реальной ситуации на объектах строительства.
10. Возможность интеграции и автоматизированного обмена данными между САПР и ГИС, а также системами подрядчика, который может использовать информацию СОД-системы для корректировки своих производственных задач, что, в свою очередь, важно для корректировки общего плана строительства и уточнения 4D-BIM-модели, увязанной с графиком производства работ подрядной организации.

Итак, общие задачи и требуемая функциональность СОД-системы понятны. Но почему всё это не может выполнять система электронного документооборота (СЭД)? Или система автоматизированного проектирования (САПР)? Или геоинформационная система (ГИС)? В чём проблема? Ведь программные комплексы для выполнения СЭД-, САПР- и ГИС-задач в дорожной сфере существуют и неплохо с ними справляются.

Проанализируем преимущества и недостатки этих систем в применении к СОД, а также выясним, почему

использование их для выполнения СОД-задач не является оптимальным решением.

Плюсы и минусы СЭД, САПР и ГИС для решения задач среды общих данных

1. СЭД.

Плюсы: +

- Возможность сбора, обработки и хранения всей инженерно-технической документации, включая обеспечение версииности всех файлов и сохранение истории их изменений.
- Возможность согласования документов.

Минусы: -

- Отсутствие возможности работы с 3D- и 4D-BIM-моделями.
- Отсутствие возможности работы с данными ГЛОНАСС-оборудования.
- Отсутствие инструментария для автоматизированной проверки чертежей, 3D-моделей, ведомостей, коллегиального рассмотрения документов с использованием обычного и голосового чата.

2. САПР.

Плюсы: +

- Возможность работы с 3D-BIM-моделями.
- Возможность сбора, обработки и хранения всей инженерно-технической документации, включая обеспечение версииности всех файлов и сохранение истории их изменений.
- Возможность работы с данными ГЛОНАСС-оборудования.

Минусы: -

- Отсутствие возможности работы с 4D-BIM-моделями.
- Отсутствие возможности согласования документов.
- Отсутствие инструментария для автоматизированной проверки чертежей, 3D-моделей, ведомостей, коллегиального рассмотрения документов с использованием обычного и голосового чата.

3. ГИС.

Плюсы: +

- Возможность сбора, обработки и хранения всей инженерно-технической документации, включая обеспечение версииности всех файлов и сохранение истории их изменений.

- Возможность работы с данными ГЛОНАСС-оборудования.

Минусы: -

- Отсутствие возможности работы с 3D- и 4D-BIM-моделями (3D-ГИС-модель строится по другим принципам).
- Отсутствие возможности согласования документов.
- Отсутствие инструментария для автоматизированной проверки чертежей, 3D-моделей, ведомостей, коллегиального рассмотрения документов с использованием обычного и голосового чата.

Из этого нам становится понятно, что наиболее близкой по функционалу к требуемой заказчику СОД-системе является САПР. Почему же не доработать её и не использовать как полноценную СОД-систему?

Давайте разберём в этом плане недостатки САПР.

1. Избыточный функционал.

Система автоматизированного проектирования содержит функционал, необходимый для создания и редактирования чертежей, а также проведения расчётов как на проектной стадии, так и на стадии разработки рабочей документации, в том числе для построения цифровой 3D-модели автомобильной дороги. Но дело в том, что этот функционал совершенно не нужен заказчику! Эту работу выполняет для него проектировщик либо по отдельному договору, либо по договору субподряда с подрядчиком. Более того, у заказчика отсутствует необходимость проверки за проектировщиком его решений, расчётов и т.д., так как в соответствии с договором вся ответственность за некачественное проектирование возложена на проектировщика и подрядчика (в случае работы проектировщика по договору субподряда с подрядчиком). Задача заказчика состоит в проверке соответствия разработанной рабочей документации проектной документации, на которую имеется положительное заключение ФАУ «Главгосэкспертиза России». Но для этого как раз нужны инструменты по автоматизированному сравнению чертежей, 3D-моделей и ведомостей, а не инструменты для их создания и редактирования. И, самое главное, зачем заказчику переплачивать за этот избыточный САПР-функционал, если он ему не требуется в работе?

2. Громоздкость системы.

Теоретически можно создать единую информационную систему, которая объединила бы в себе САПР-, СОД- и ГИС-функционал. Некого информационного монстра для работы на всех стадиях жизненного цикла автомобильной дороги.

Но такое решение также имеет ряд недостатков.

- Во-первых, это было бы слишком дорогим решением для разработчиков: найти того, кто бы профинансировал такую разработку, довольно проблематично.
- Во-вторых, даже если финансирование найдётся, кто это всё будет потом покупать? Заказчику, строительному контролю, авторскому надзору не интересна САПР. Строителям не интересны САПР и ГИС. Проектировщикам не интересны ГИС и СОД-системы. Эксплуатации не нужны САПР и СОД. То есть теряется сам смысл такой разработки.

Целесообразнее сделать систему модульной, для того чтобы каждый участник процесса приобрёл себе тот модуль, который нужен ему для автоматизации определённых функций.

- В-третьих, как обеспечить информационную безопасность и саму целостность огромного массива данных? Такая система потребует гигантских серверных мощностей. А учитывая то, что возникновение ошибок в любой программе — это реальность, такой подход может привести к постоянному подвисанию всей системы из-за ошибок: то в САПР-блоке, то в СОД-блоке, то в ГИС-блоке системы. В результате чего абсолютно все участники процесса строительства автомобильной дороги будут лишены возможности нормально работать в системе до момента очередного восстановления её работоспособности.

Проблемы создания отдельного СОД-модуля

Что же является краеугольным камнем в создании отдельного СОД-модуля, программы, которая бы обеспечивала возможность автоматизации основных задач заказчика? Почему её до сих пор не существует? В чём же причина? Ответ — отсутствие полноценного открытого формата обмена данными, принятого всеми

Ещё одна сложность заключается в различном подходе к среде общих данных с точки зрения заказчика и проектировщика.

заинтересованными сторонами, участвующими в процессах проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог в Российской Федерации.

Не секрет, что многие зарубежные и отечественные разработчики программного обеспечения для проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог стараются использовать собственные (закрытые) форматы данных, чтобы пользователи работали с линейкой программных продуктов одной компании, не переключаясь на программы конкурентов. В этом их обвинить трудно, так как, например, права отечественных разработчиков в этой части закреплены 50-й статьёй Гражданского кодекса Российской Федерации, в которой указано, что основной целью коммерческих организаций является получение прибыли. Однако это определённым образом негативно влияет на качество используемого софта и возможность интеграции различных информационных систем. Другими словами, пользователям приходится работать с тем, что есть, хотя при обеспечении возможности совмещения лучших программных модулей различных разработчиков можно было бы получить идеальную с точки зрения функциональности систему.

Одновременно это увеличило бы конкуренцию между разработчиками. Ведь тогда, в условиях постоянного совершенствования своих разработок, в целях достижения наилучших показателей качества продукта разработчикам пришлось бы искать возможности инвестирования в разработку, использовать собственные или привлечённые источники финансирования, а не надеяться всякий раз на то, что заказчик оплатит такие работы либо будет использовать то, что есть. То есть качество отечественных разработок в таких условиях резко возрастает.

Открытые форматы данных, которые сегодня доступны для использования в сфере дорожного строительства, не позволяют в полной мере обеспечить взаимодействие информацион-

ных систем различных разработчиков при условии сохранения возможности выполнения своих функциональных задач каждой из таких систем в полном объёме. Формат IFC не позволяет передавать достаточное количество атрибутивных данных, кроме того, текущая версия IFC больше подходит для выполнения задач промышленного и гражданского строительства, чем для задач дорожного строительства. XML-формат имеет очень широкие возможности, но его нужно приспособлять именно под задачи дорожников, отдельно адаптируя под сферу работы с цифровой моделью местности, наподобие возможностей существующих форматов LandXML и LAS. Имеются проблемы потери данных и возникновения коллизий при экспорте/импорте существующих открытых форматов из-за того, что различные САПР разрабатываются на разных технологических платформах и имеют разные требования к обработке данных.

Все эти проблемы известны дорожникам, и определённая работа по стандартизации и унификации ведётся практически на всех уровнях. Предстоит разработка как документов, устанавливающих требования к созданию BIM-модели и работе с ней на стадиях проектирования и строительства, так и документов, устанавливающих требования к открытым форматам данных и различных классификаторов, определяющих единый подход к структурированию элементов автомобильной дороги, а также библиотек материалов, конструкций, технологий производства и требований к качеству готовой продукции [2,3,4].

Ещё одна сложность заключается в различном подходе к среде общих данных с точки зрения заказчика и проектировщика. Давайте разберём, в чём же заключаются эти отличия.

Впервые термин «среда общих данных» (СОД, англ. CDE — Common Data Environment) был введён в разработанном в Великобритании наиболее популярном стандарте в сфере информационного моделирования BS 1192:2007 [5,6]. Термин СОД быстро вошёл в лексикон всех систем, поддерживаю-

щих концепцию Building Information Modeling (BIM) — информационного моделирования зданий (рис. 1).

Но проблема в том, что концепция СОД, определённая вышеуказанным стандартом, отражала главным образом подходы решения задач проектных организаций на стадии разработки проектной документации, когда над одним и тем же проектом и 3D-BIM-моделью работает большое количество инженеров-проектировщиков, каждый из которых обладает своей дисциплинарной компетенцией, и существует потребность увязки различных проектных решений и предоставления всем участникам актуальной (на определённый момент) сборной цифровой модели проекта.

Потребности заказчика вышеуказанной концепцией не учитывались, а они существуют. Ещё раз перечислим основные из них.

1. Обеспечение работ в СОД остальных участников: подразделения заказчика, подрядчика, строительного контроля, авторского надзора, субподрядных организаций по всем направлениям, с предоставлением соответствующих прав доступа к документам каждому участнику.
2. Загрузка и использование в системе всех типов инженерно-технической документации, необходимой на стадии строительства объекта: проектной, рабочей и исполнительной документации, предписаний, отчётов, комментариев, фото- и видеоматериалов, проектов производства работ, проектов производства геодезических работ, схем, расчётов, ведомостей, смет, нормативной документации и т.п., с её привязкой к элементам BIM-модели и поддержкой версионности файлов.
3. Использование специализированного инструментария для автоматизации проверки и согласования документов всеми участниками (автоматизированное сравнение чертежей, 3D-моделей, ведомостей, коллегиальное рассмотрение документов с использованием обычного и голосового чатов, акцептирование документов с использованием ЭЦП, поддержка штрихкодов и т.п.).
4. Автоматизация контроля и учёта объёмов выполненных работ с помощью ГЛОНАСС-оборудования, установленного на дорожно-стро-



Рис. 1. Структура областей среды общих данных

ительную технику и беспилотные летательные аппараты.

Таким образом получается, что общие принципы формирования СОД, по сравнению с базовым определением, сохраняются, но как бы расширяются по функциональным требованиям. В автоматизированной информационной системе по управлению средой общих данных должны появиться инструменты, позволяющие решать основные задачи, которые стоят перед заказчиком. И тут мы снова возвращаемся к мысли о том, почему бы не доработать САПР под задачи СОД? И опять упираемся в рассмотренные выше недостатки САПР.

Заключение

В итоге оптимальным решением по организации информационного пространства и использованию специализированного программного обеспечения на всех этапах жизненного цикла автомобильной дороги, от стадии проектирования до стадии завершения эксплуатации, является классическая схема последовательной обработки и обмена информацией между автоматизированными системами:

САПР ⇔ СОД ⇔ ГИС

Для этого должен быть разработан и утверждён открытый формат обмена данными между системами САПР ⇔ СОД и СОД ⇔ ГИС. На данный момент используется текущая версия

IFC-формата, но не стоит забывать, что возможности этого формата ограничены и в будущем это может превратиться в своего рода препятствие для дальнейшего развития BIM-технологий в России, в сфере дорожного строительства [3, 7].

СОД-система при таком подходе выполняет функции центрального звена, основного хранилища информации (рис. 2). При разработке рабочей документации и создании цифровой 3D-модели автомобильной дороги такая модель загружается из САПР в СОД, где наполняется различными атрибутивными данными, используемыми на стадии строительства. При этом элементы цифровой 3D-модели, требующие доработки (изменения) в связи с корректировкой проектных решений либо из-за несоответствия фактического положения элементов проектному, по причине того, что находятся в разрешённых допусках согласно требованию нормативных документов, помечаются различной цветовой индикацией с изменением статуса элемента. В дальнейшем такая модель периодически выгружается обратно из СОД-системы в САПР для её доработки и корректировки проектировщиком, и далее цикл повторяется до полного завершения строительства.

После ввода объекта строительства в эксплуатацию мы получаем

в СОД-системе 3D-модель объекта, элементы которой соответствуют своим фактическим пространственным положениям с привязкой фактической атрибутивной информации об используемых материалах, технологиях и качестве готовых конструктивов. Эта цифровая модель и вся атрибутивная информация перегружается в ГИС и используется уже на стадии эксплуатации. При этом для того, чтобы не перегружать ГИС большим объёмом дублирующих данных, информация может храниться в ней ссылачно на СОД-архив.

Такой подход позволяет достичь следующих результатов.

1. Лишняя информация САПР (неутверждённые чертежи, наработки, расчёты и т.п.) не хранится в СОД-системе, так как не требуется на стадии строительства. Эта информация остаётся в САПР проектировщика и используется им при необходимости.
2. Большой объём информации ГИС может храниться в СОД-архиве и указываться ссылачно, в целях снижения нагрузки на ГИС.
3. Весь основной инструментарий по автоматизации рассмотрения и согласования документов, а также все версии файлов, история их рассмотрения и согласования содержатся в СОД-системе, которая контролируется и используется заказчиком на всех стадиях жизненного цикла автомобильной дороги.
4. Равномерное распределение нагрузки на каждую из систем (САПР, СОД, ГИС), что позволяет обеспечивать их полноценную работоспособность и надёжность хранения необходимой заказчику информации на собственных отдельных серверах в соответствии с действующими требованиями безопасности хранения данных.
5. Возможность подключения к СОД-системе модулей, обеспечивающих автоматизацию различных бизнес-процессов:
 - подрядных и субподрядных организаций, выполняющих строительно-монтажные работы;
 - подрядных и субподрядных организаций, оказывающих услуги по строительному контролю и авторскому надзору.

При этом такие модули можно сделать функционально-закрытыми, чтобы их можно было устанавливать на серверы подрядных организаций, с обеспечением защиты информации по установленным правилам этих организаций. Обмен же данными с СОД-системой заказчика будет происходить только в рамках тех данных, которые нужны заказчику для решения своих задач. Таким образом будет соблюдаться принцип невмешательства во внутрихозяйственную деятельность подрядных и субподрядных организаций с одновременным обеспечением защиты информации по установленным требованиям заказчика.



Рис. 2. СОД-система, используемая в качестве основного хранилища информации

Кроме того, модули, обеспечивающие автоматизацию различных бизнес-процессов сторонних организаций, могут разрабатываться за счёт средств таких организаций и под их нужды, что позволит привлекать инвестиции в сферу разработки программного обеспечения, а также не использовать бюджетное финансирование заказчика на такие цели. Одновременно можно будет оптимальным образом приспособить такое программное обеспечение под нужды конкретного подрядчика.

То есть СОД-система в этом случае выполняет роль информационного каркаса всей системы управления организацией дорожных работ на всех этапах жизненного цикла автомобильной дороги, которая позволяет заказчику максимально автоматизировать производственные бизнес-процессы всех участников проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог в соответствии с российским национальным проектом «Цифровая экономика».

Литература:

1. Сворцов 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
2. Сворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 22–32. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.4
3. Сворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2
4. Сарычев Д.С., Сворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4
5. BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information — Code of practice. 2008. 38 p.
6. Сворцов 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
7. Сворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.

Информационное моделирование автомагистрали на подходе к г. Новороссийску

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.3

Маргарян Д.С., студент МАДГТУ (МАДИ), профиль магистратуры «Проектирование автомагистралей и управление проектами», 2-й курс, группа 2МПДУ

Решетько А.Ю., студент МАДГТУ (МАДИ), профиль бакалавриата «Автомобильные дороги», 4-й курс, группа 4БД1

Варнаков Я.А., студент МАДГТУ (МАДИ), специализация «Строительство уникальных зданий и сооружений, автомагистралей, аэродромов и уникальных сооружений», 5-й курс, группа 5МС2

Данная статья представляет собой результат проектной деятельности студентов дорожно-строительного факультета МАДГТУ (МАДИ). В статье описывается процесс формирования информационной 3D-модели на основе данных, предоставленных Государственной компанией «Автодор», при помощи нескольких программных продуктов. Описываются этапы формирования информационной 3D-модели в системе IndorCAD; приводятся особенности проектирования малых архитектурных сооружений в ПО Renga Structure и процесс сборки сводной информационной модели в ПО Navisworks. Кроме того, описывается опыт организации коллективной работы в среде общих данных.



Транспортная развязка в районе села Джигинка на 73-м км трассы А-290, фото: © Росавтодор

ПРЕДИСЛОВИЕ

Статья написана студентами дорожно-строительного факультета МАДГТУ (МАДИ) по материалам исследований и практической апробации положений информационного моделирования автомобильных дорог в процессе их жизненного цикла. Данные исследования осуществляются в том числе в рамках деятельности студенческого научного общества (СНО) на кафедре геодезии и геоинформатики МАДИ. Учитывая то, что создание информационных моделей дорог на проектной стадии и тем более поддержка их на последующих стадиях жизненного цикла (строительство, эксплуатация) требует согласованного взаимодействия специалистов разного профиля, то к работе в СНО привлекаются студенты дорожно-строительного факультета различных специальностей (это видно и из списка авторов данной статьи).

Несмотря на то, что данные исследования ведутся студентами на протяжении всего лишь последних трёх лет, достигнуты уже определённые результаты, получившие признание экспертным советом всероссийского конкурса «BIM-технологии» в номинации «Студенческая работа». Этот конкурс ежегодно проводится при поддержке Минстроя РФ, «Росавтодора», а также Университета Минстроя, Союза архитекторов России, ВШЭ и других структур и организаций, заинтересованных в скорейшей и эффективной цифровизации отечественного строительного комплекса.

В 2018 году 1-е место в этом конкурсе занял проект студентов МАДИ Д. Маргаряна и А. Решетько «Участок автомобильной дороги Арбатов — Черноморск». В 2019 году 3-е место в этой же номинации занял проект Я. Варнакова, И. Лебедева и Т. Зинатуллина «Серия мо-

дульных мостовых переходов к Эльгинскому месторождению». Трое из пятёрки этих студентов и являются авторами данного пилота и данной статьи.

Деятельность НСО при кафедре направлена на развитие и реализацию парадигмы InfraRusBIM Open, суть которой заключается в формировании научных и инженерных знаний, а также практических навыков информационного моделирования объектов транспортной инфраструктуры на основе российской нормативной базы и российского программного обеспечения (ПО).

Разработки ведутся в первую очередь на основе линейки программного обеспечения от ООО «ИндорСофт» (г. Томск), флагманами которой являются САПР автомобильных дорог с элементами информационного моделирования IndorCAD/Road и ГИС автомобильных дорог IndorRoad для стадии эксплуатации автомобильных дорог. МАДИ заключил с ООО «ИндорСофт» договор о сотрудничестве, в рамках которого ООО «ИндорСофт» передал МАДИ компьютерный класс и пакет ПО, а их специалисты осуществляют консультации студентов СНО в режиме онлайн.

Помимо этого, в исследованиях апробируются отечественные программы Renga (Renga Software, г. Санкт-Петербург) для моделирования искусственных сооружений (мостов, путепроводов, эстакад) и Pilot-ICE (АО «Аскон», г. Санкт-Петербург), а также среда общих данных (СОД) от ООО «С-Инфо» (г. Санкт-Петербург) и ООО «Ингипро» (г. Москва).

Какие при этом достигнуты результаты, вы сможете оценить, прочитав данную статью.

Зав. кафедрой геодезии и геоинформатики
МАДИ, д.т.н. Бойков В.Н.

1. Исходные данные для проекта

Исходные данные для учебного пилотного проекта были предоставлены Государственной компанией «Автодор» и генеральным подрядчиком ООО «ИнжПроектСтрой» (г. Краснодар). Полное наименование

проекта: «Строительство и реконструкция автомобильных дорог для обеспечения комплексного развития Новороссийского транспортного узла. Строительство автомобильной дороги Цемдолина — ул. Портовая (новый участок автомобильной дороги федерального

значения М-4 «Дон», км 1542+215 — км 1552+447 (км 6+813 федеральной автомобильной дороги М-25 «Новороссийск — Керченский пролив»))».

В составе исходных данных были предоставлены сведения, приведённые в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные, предоставленные Государственной компанией «Автодор» и генеральным подрядчиком ООО «ИнжПроектСтрой»

п/п	Названия	Формат	Дата передачи данных
1	Материалы инженерных изысканий	DMS (IndorCAD)	12 мая 2019 г.
2	Трассы в плане и в продольном профиле	DMS (IndorCAD)	21 мая 2019 г.
3	Поперечный профиль	DWG	29 мая 2019 г.
4	План опор	DWG	25 октября 2019 г.
5	Подпорные стены (для обозначения наземных участков съездов с эстакад)	DWG	25 октября 2019 г.
6	Сводный план сетей	PDF	1 ноября 2019 г.
7	Материалы для цифровой модели	DWG	17 апреля 2019 г.
8	Шумозащитные экраны	DWG	13 мая 2019 г.
9	Проектные материалы по путепроводу на ПК5+30	DWG	14 мая 2019 г.
10	Варианты решений пешеходных переходов	DWG	14 мая 2019 г.

2. Формирование информационной 3D-модели автомагистрали в IndorCAD/Road

Для того чтобы увидеть объёмное изображение объекта проектирования в программе IndorCAD [1, 2], не обязательно обладать навыками специалиста по 3D-дизайну. Важно владеть знаниями в области проектирования автомобильных дорог и знать функциональные возможности программы.

Первым этапом создания 3D-модели является обработка данных инженерно-геодезических изысканий. В данном проекте исходной поверхностью служила цифровая мо-



Рис. 1. Фрагмент цифровой модели рельефа (ЦМР)

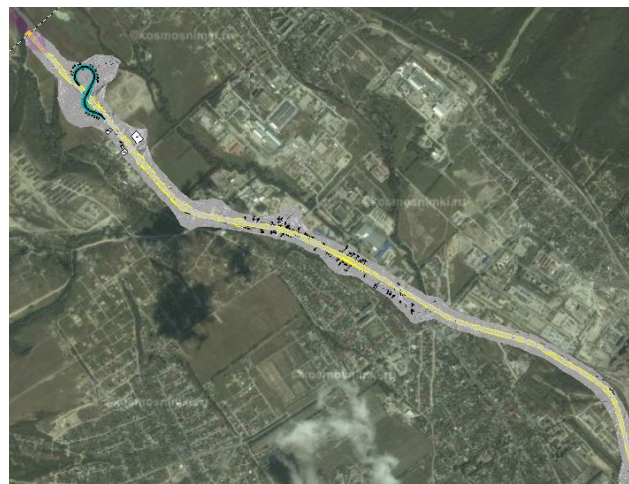


Рис. 2. Фрагмент трассы, совмещённый с космоснимком

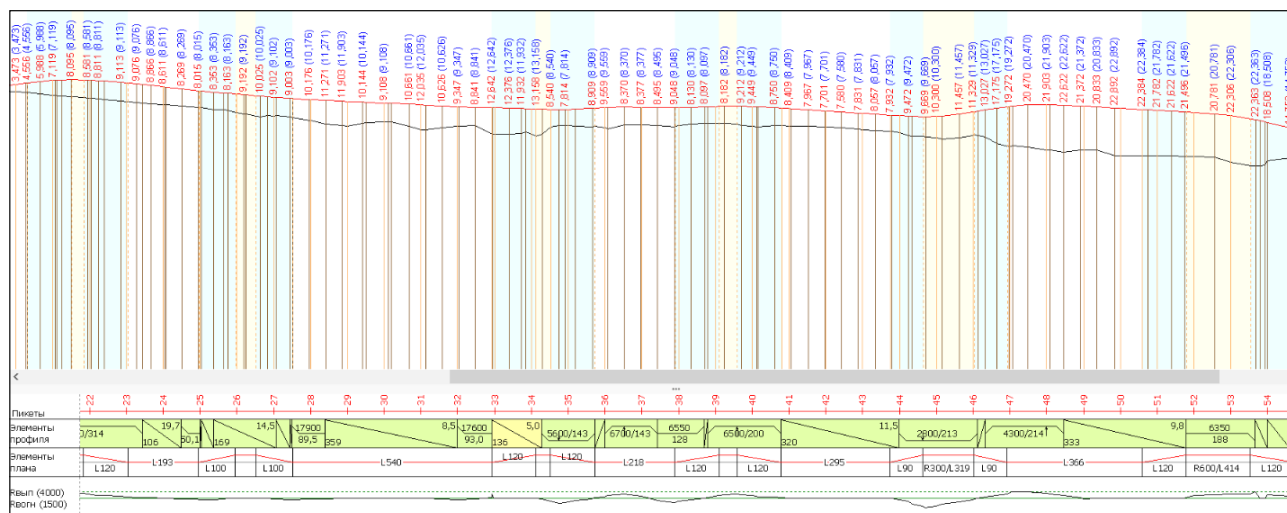


Рис. 3. Фрагмент продольного профиля

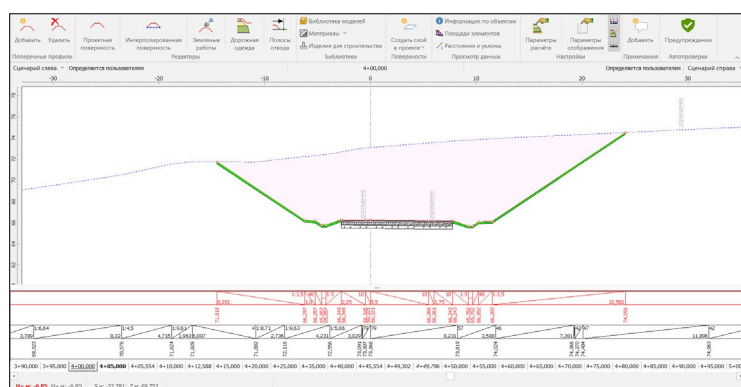


Рис. 4. Поперечный профиль

дель рельефа, построенная по съёмочным точкам и структурным линиям (рис. 1).

Вторым этапом является трассирование в плане, проектирование продольного и поперечных профилей (рис. 2, 3, 4), а также создание примыканий и увязка их с главной осью.

Третий этап включает в себя автоматическое построение 3D-модели по проектным и ис-

ходным данным. Для этого нам необходимо сформировать динамическую проектную поверхность по указанным трассам проекта. В результате чего получаем 3D-модель (рис. 5).

С помощью удобных инструментов системы IndorCAD для проектирования обустройства дороги (водопрпускных труб, линейной и точечной разметки, барьерных ограждений, дорожных знаков, сигнальных столбиков, светофоров, элементов освещения и т.д.) происходит насыщение 3D-модели до определённого уровня проработки (LOD) [3].

Все элементы обустройства приняты согласно действующим нормативным документам. Данный набор элементов позволяет не только придерживаться стандартов, но также изменять элементы обустройства согласно проектным решениям, выводить необходимые ведомости в различных форматах (например, PDF, XLS и др.), визуальнo оценивать 3D-модель, изменять в динамическом режиме параметры обустройства.

Элементы опор, дорожные знаки, разметка, светофоры имеют различные параметры,

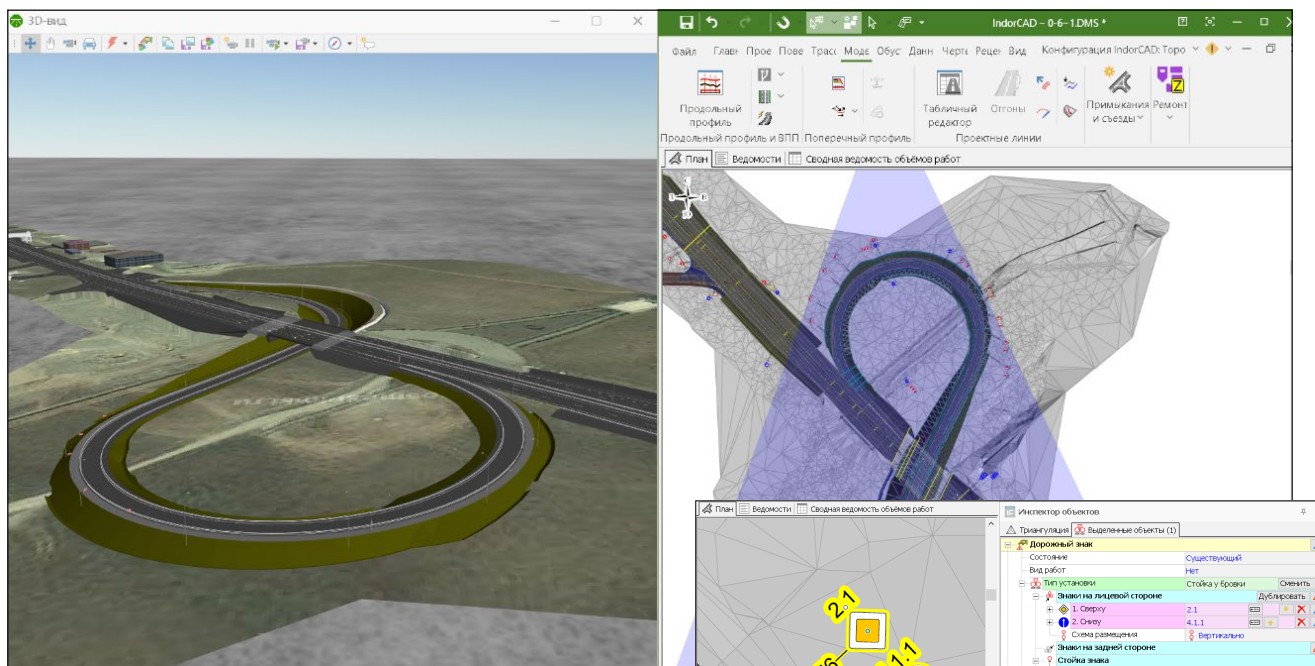
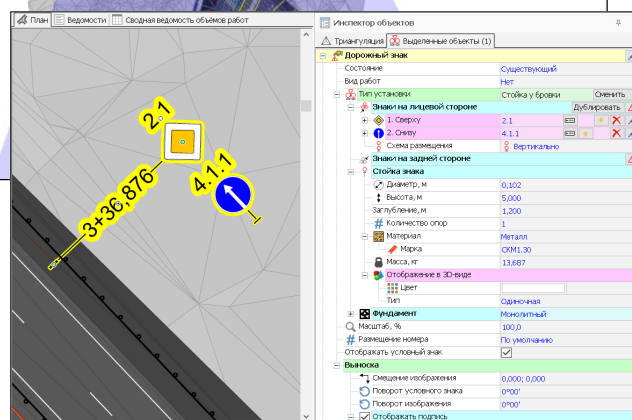


Рис. 5. Фрагмент трассы на съезде в 3D

Рис. 6. Редактирование элементов обустройства дороги



доступные для редактирования. Например, для дорожных знаков это тип установки, схема размещения знаков, диаметр, высота, материал стойки, тип фундамента (рис. 6). Вся атрибутивная информация, присвоенная элементам, закрепляется за ними. При формировании частной информационной модели объекта основные атрибуты объектов и их частей передаются в информационную модель и могут быть просмотрены в составе сводной информационной модели.

При создании зданий имеется возможность задать им определённую текстуру, указать число этажей и другие параметры (рис. 7).

3. Формирование элементов информационных моделей искусственных сооружений в ПО Renga Structure

Renga Structure — российская BIM-система для проектирования конструктивной части зданий и соору-

жений в соответствии с технологией информационного моделирования [4, 5]. Программа Renga является продуктом компании Renga Software (совместного предприятия компании «АСКОН» и фирмы «1С»).

Также в линейку продуктов Renga Software входят следующие программы:

- Renga Architecture (BIM-система для архитектурно-строительного проектирования);
- Renga MEP (BIM-система для проектирования внутренних инженерных систем зданий).

В проекте было принято решение о создании опор эстакад, надземных пешеходных переходов и малого моста в Renga Structure. Эта система позволяет проектировать элементы конструкций, задавая им профили сложной конфигурации. Программа Renga даёт возможность назначать материалы конструкций, армировать железобетонные элементы (как в автоматическом режиме, так и в ручном), создавать ведомости материалов и автоматически получать их объёмы, а также получать основные чертежи, ассоциативно

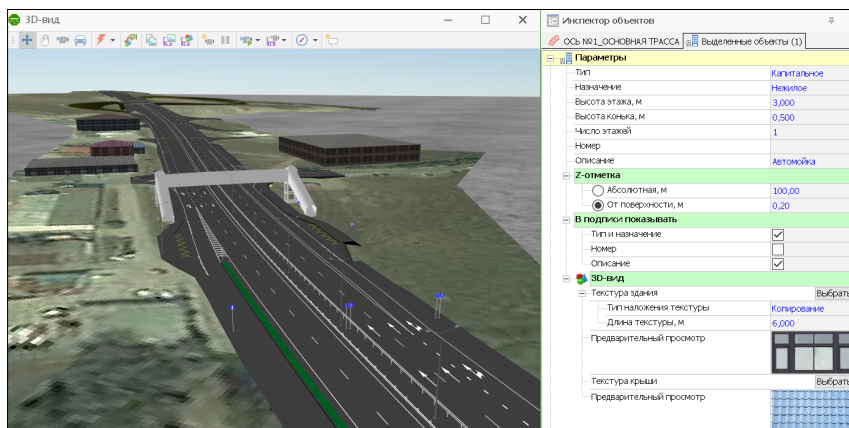


Рис. 7. Формирование объектов ПГС в зоне дороги

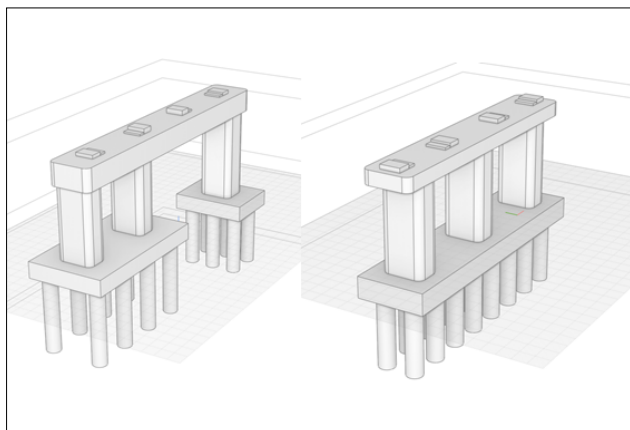


Рис. 8. Пример запроектированных опор в системе Renga Structure

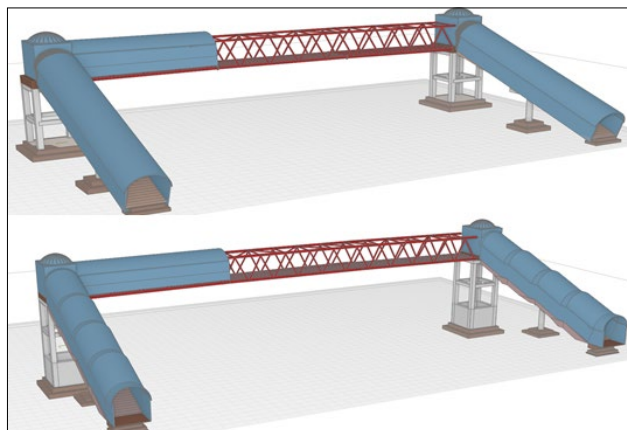


Рис. 9. Надземные пешеходные переходы в системе Renga Structure

связанные с 3D-моделью. Основным преимуществом данного программного обеспечения является простота и интуитивность интерфейса, что значительно упрощает работу с программой.

Возможности программного продукта Renga Structure имеют большой потенциал, но, как и в зарубежных аналогах типа Revit (Autodesk, США) и Tekla (Trimble, США), проектирование протяжённых линейных объектов ограничивается мощностью ПК. Кроме этого, во время работы с программным комплексом мы столкнулись с трудностью создания сталежелезобетонных пролётных строений из-за большой протяжённости эстакад, наличия виражей и поворотов в плане. Функций, способных учесть эти аспекты проектирования мостов, в Renga пока нет.

Проблема создания пролётных строений была решена в программе IndorCAD. Сталежелезобетонные пролётные строения были спроектированы с небольшой детализацией. Они были созданы инструментом «Дорожная одежда», за основу были взяты их высоты по проектным чертежам.

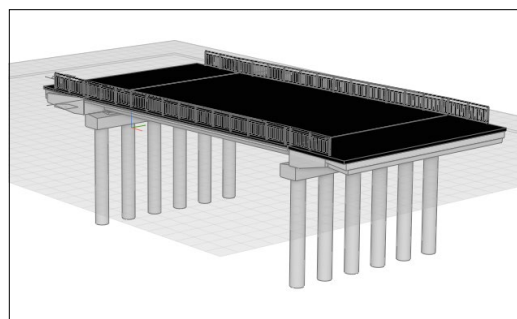


Рис. 10. Малый мост через канал в системе Renga Structure

Проектирование опор

В программе Renga Structure были запроектированы устои и 9 типов опор эстакад с помощью создания профиля элементов и последующего его преобразования посредством инструментов «Балка», «Колонна», «Перекрытие» (рис. 8).

Каждый тип элементов был определён на конкретный уровень. Это необходимо для быстрого изменения высот тел опор и в конечном итоге

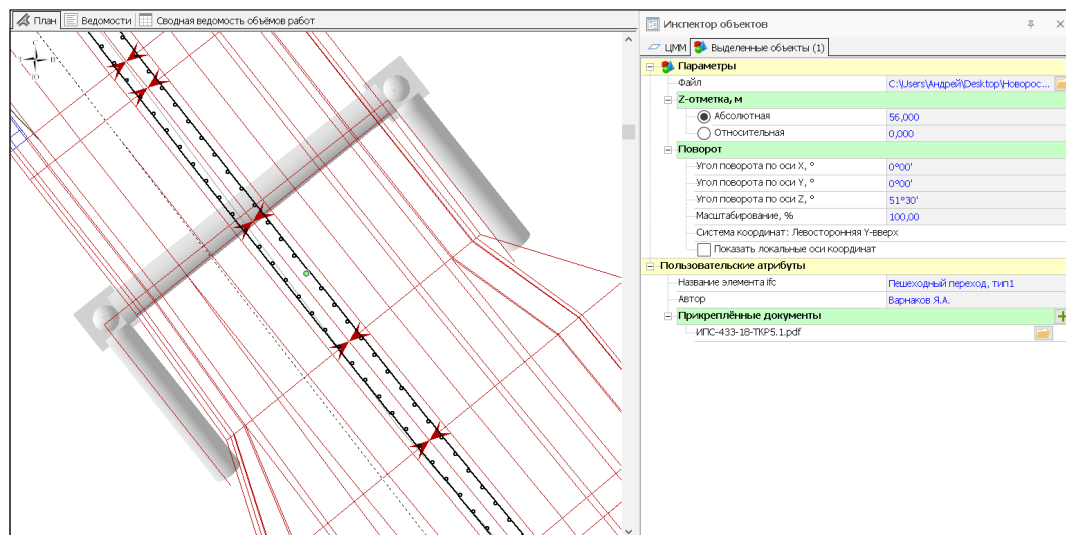


Рис. 11. Назначенные атрибуты надземного пешеходного перехода

ге для оптимизации времени на их создание (в 1-й эстакаде 86 опор, во 2-й — 72 опоры).

Проектирование надземных пешеходных переходов

Надземные пешеходные переходы проектировались путём создания профиля конструкций, затем профиль принимал свои проектные очертания с помощью инструментов «Балка», «Колонна», «Пластина» (рис. 9). Элементы конструкций соединялись в сборках (инструмент, предназначенный для объединения элементов в единое изделие, которое в дальнейшем можно использовать как в настоящем проекте, так и передавать в последующие).

Далее сборки объединялись в единую конструкцию в модели (общий 3D-вид). Навес, лестничные сходы и опора под нижней платформой были созданы в модели инструментами «Балка» и «Лестница».

Проектирование малого моста через канал

Были созданы сборки устоев, сборное железобетонное пролётное строение из балок таврового сечения и перильное ограждение. Далее сборки объединялись в модели.

Опоры, надземные пешеходные переходы и мост через канал (рис. 10) экспортировались из программы Renga Structure в формат IFC, а затем импортировались в IndorCAD. Каждому объекту была присвоена атрибутивная информация, включающая в себя чертежи в формате PDF (рис. 11).

4. Организация коллективной работы над проектом

В рамках данного проекта процесс проектирования заключался в создании информационной модели автомобильной дороги в программном комплексе IndorCAD. Данный комплекс позволяет сформировать весь спектр рабочей документации (ведомости, чертежи), а также создать трёхмерную модель, благодаря которой можно визуально оценить качество проектного решения и выявить недостатки в составе проекта. Организация работ коллектива исполнителей была построена на основе среды общих



Рис. 12. Процесс взаимодействия на всех этапах выполнения проекта

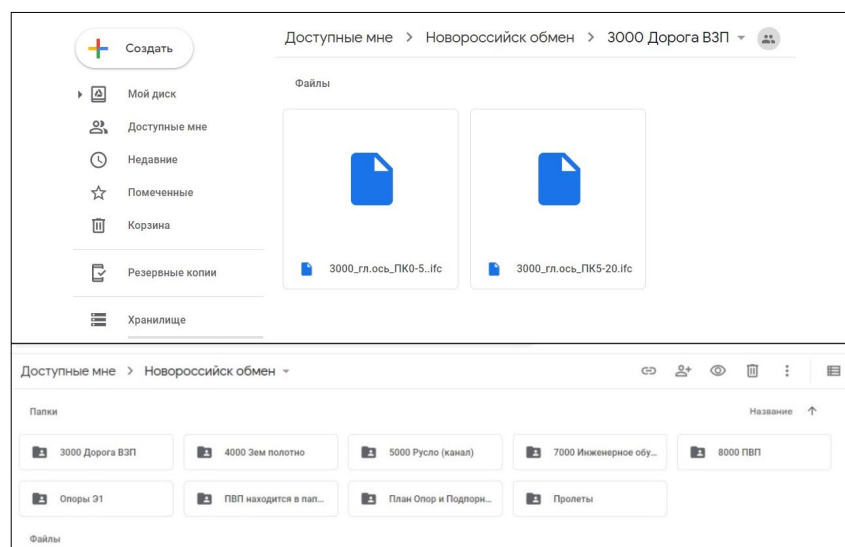


Рис. 13. Рабочие файлы в хранилище Google Диск

Автор	Создано	Изменено	Абл. Заголовок	Приоритет	Тип	Статус	Исполнитель
Бойков Владимир Николаевич	05.04.2019	25.04.2019	По примыканию-проба	Средний	Предложение	Создан	Решетко Александр Юрьевич
Решетко Александр Юрьевич	05.04.2019	05.04.2019	Не допроектирован пешеход	Средний	Замечание	Создан	Бойков Владимир Николаевич
Решетко Александр Юрьевич	05.04.2019		Довелеть за проектировщика	Высокий	Предложение	Требуется доработки	Маргарен Давид Самвелович
Матвеев Николай Михайлович	05.04.2019	10.04.2019	Довелеть за проектировщика	Средний	Замечание	Требуется доработки	Маргарен Давид Самвелович
Матвеев Николай Михайлович	05.04.2019		Не создан торпач на эстакаде	Средний	Замечание	Создан	Петренко Денис Александрович
Решетко Александр Юрьевич	05.04.2019	05.04.2019	Не доделано обустройство	Средний	Замечание	Создан	Решетко Александр Юрьевич
Решетко Александр Юрьевич	16.04.2019	16.04.2019	Барьерка	Средний	Предложение	Создан	Решетко Александр Юрьевич
Решетко Александр Юрьевич	26.04.2019	26.04.2019	Шлагбаум	Средний	Предложение	Создан	Решетко Александр Юрьевич
Решетко Александр Юрьевич	26.04.2019	26.04.2019	Пирамида	Средний	Замечание	Закрыт	Петренко Денис Александрович
Матвеев Николай Михайлович	14.12.2019		Необходима функция для выд	Высокий	Предложение	Выполнен	Петренко Денис Александрович

Рис. 14. Список комментариев к проекту

данных как ключевого элемента информационного моделирования автомобильных дорог.

Среда общих данных (СОД) — это структурированное хранилище информационных моделей, обеспечивающее сбор, хранение и предоставление всех проектных и эксплуатационных материалов для всех участников технологических процессов [6].

СОД в первом приближении состоит из четырёх разделов, отличающихся уровнем готовности данных и регламентом доступа к ним (рис. 12):

- раздел рабочих данных («В работе»);
- раздел общих данных («Общий доступ»);
- раздел опубликованных данных («Опубликовано»);
- раздел архивных данных («Архив»).

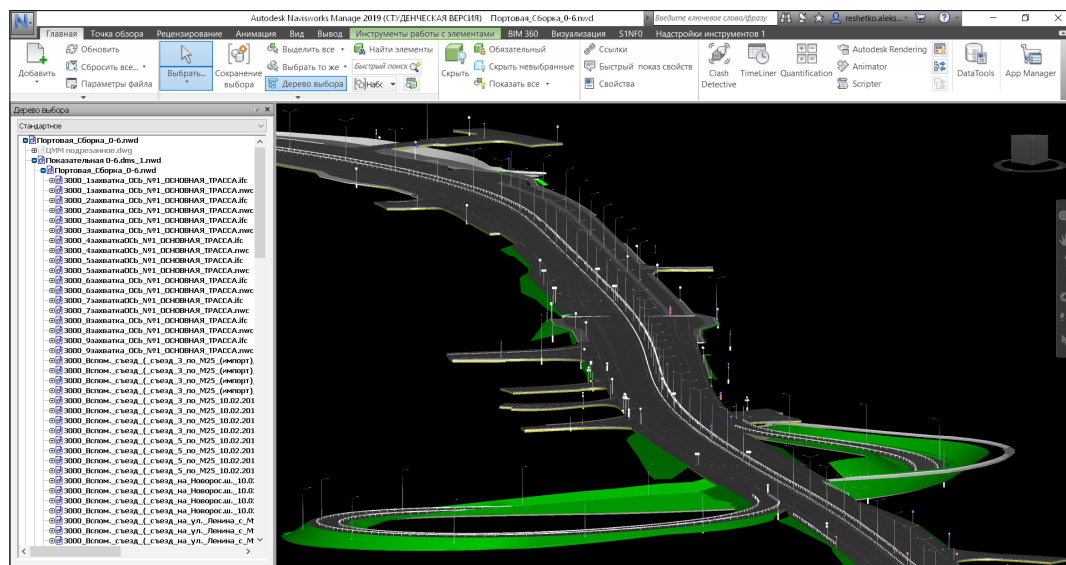


Рис. 15. Фрагмент информационной 3D-модели в Navisworks

В разделах рабочих данных находятся промежуточные частные информационные модели (части объекта строительства), над которыми ведут работы разработчики проектных решений (занимаются их созданием, редактированием, модификацией) отдельно по каждой специальности.

В разделе общих данных из отдельных частных моделей собирается сводная модель, которой пользуются разработчики проектных решений (по каждой специальности) для междисциплинарной координации своих информационных моделей.

Раздел опубликованных данных предназначен для предоставления результата проектирования (промежуточного или окончательного) на рассмотрение заказчика (например, при проведении регулярных совещаний или с целью согласования проектных решений), а также в других необходимых случаях (например, при передаче документации на экспертизу или при организации публичных слушаний).

В раздел архивных данных переносятся информационные модели из раздела опубликованных данных после прохождения этапа согласования, а также окончательно принятые и согласованные проектные решения.

Организация информационного обмена

Разделы сформированы таким образом, чтобы обеспечить взаимодействие всех участников процесса (подрядчика, заказчика, проектировщика). Раздел «Рабочие данные», как правило, размещён на серверах подрядчика (лица, выполняющего работы согласно проекту).

Нами при выполнении проекта раздел «Рабочие данные» был организован в облачном хранилище Google Диск.

Раздел «Опубликованные данные» обычно используется для координации работы проектировщиков с заказчиком и утверждения отдельных проектных решений. В нём хранятся обычно файлы, которые носят демонстрационный характер.

Рабочие чертежи и файлы хранились в облачном хранилище Google Диск, доступ к диску имели непосредственно участники проекта (рис. 13).

Доступ к среде общих данных производился по логину и паролю в BIM-сервере, где участники проекта могли размещать актуальные версии проекта, оставлять комментарии к работе, размещать ссылки на ошибочные компоненты проекта (рис. 14). Руководствуясь данными комментариями, участники проекта должны были устранить недостатки и уведомить об изменении модели.

Форматы хранения данных

На текущий момент в работе были использованы следующие модели и форматы данных [7, 8].

- PDF. Данный формат используется для представления рабочей и иной документации проекта. Этот формат обладает возможностью встраивания полноценных 3D-моделей непосредственно в файл, с возможностью просмотра модели в программе Adobe Reader.
- IFC 2x3. Файл содержит информационную модель здания или сооружения и используется для обмена данными о модели между различными системами автоматизированного проектирования.
- DWG. Формат файла, применяемый для хранения двухмерных, трёхмерных объектов, с возможностью дальнейшего редактирования и обмена между различными САПР.
- LAS. Данный формат является в настоящее время наиболее распространённым публичным

форматом для обмена облаками трёхмерных точек.

Должностные обязанности участников проекта

В состав рабочей группы вошли следующие лица.

Руководитель рабочей группы исполнителя — инженер Матвеев Н.М.

BIM-менеджер — Решетько А.Ю.

BIM-координатор — Варнаков Я.А.

Администратор СОД — Маргарян Д.С.

BIM-менеджер в лице Решетько А.Ю. отвечает за создание информационной модели, регулирует процесс взаимодействия со всеми участниками проекта, даёт указания по выполнению работ.

BIM-координатор в лице Варнакова Я.А. — представитель группы исполнителя, который разрабатывает проектные решения по отдельной специальности (искусственные сооружения, инженерные сети, освещение).

Администратор СОД Маргарян Д.С. отвечает за функционирование проектной модели в соответствии с действующими регламентами, архивирует данные.

5. Сборка сводной модели в ПО Navisworks

Сборка сводной модели происходит из экспортированных элементов модели, таких как ЦМР, конструкция дорожной одежды, укрепленные откосы, дорожная разметка, барьерные ограждения, здания, коммуникации, в ПО Navisworks (рис. 15).

Все элементы модели экспортировались в рамках данного проекта в формате IFC (Industry Foundation Classes) — формате данных с открытой спецификацией, разработанном организацией buildingSMART (ранее International Alliance for Interoperability, IA), США) для упрощения взаимодействия в строительной индустрии.

Элементам, входящим в состав сводной модели, были присвоены классификаторы согласно СТО АВТОДОР 8.6 2016 [9]. Модель трассы имеет код 3000, земляное полотно — 4000, водоотвод — 5000, дорожные знаки — 7120, барьерное ограждение — 7170 и т.д.

Классификаторы позволяют заказчику быстро ориентироваться в проекте [10, 11]. Важно отметить, что модель,

переданная в среду общих данных, не поддается редактированию и исключает изменение проектных решений. Конструкция дорожной одежды подделана на захватки, что в дальнейшем позволяет создать линейно-календарный график работ.

Для создания модели в Navisworks были добавлены все необходимые части модели. С помощью кнопки «Добавить» на вкладке «Главная» в сводную информационную модель добавляются файлы частных информационных моделей, подготовленных в различных программных продуктах (IndorCAD, Renga и т.д.).

Сохранение файлов собранной модели возможно в двух вариантах формата.

1. NWD — файл сводной информационной модели; включает в себя все исходные данные проекта: САПР-модели, пользовательские комментарии и т.д. Файл NWD считается полным файлом, его можно открыть как в ПО Navisworks, так и в бесплатной программе просмотра файлов Navisworks Freedom без дополнительных данных.
2. NWF — содержит только ссылки на файлы исходных данных. Для открытия файла NWF требуется лицензионный продукт Navisworks, а также доступ к исходным файлам САПР.

Autodesk Navisworks позволяет моделировать процесс строительства, проводить комплексный анализ модели, своевременно находить коллизии, согласовывать все проектные решения между собой.

6. Направления дальнейшего исследования

Состояние проекта, представленного в статье, является промежуточным. В дальнейшем планируется апробировать передачу модели в отечественные СОД «С-Инфо» и INGIPRO. Соответствующая поддержка от разработчиков этих СОД получена. Далее предполагается выполнить сметные расчёты в увязке с элементами модели, выполнить ПОС и ППР проекта и далее выполнить «имитацию» работы с моделью на стадии строительства. Завершающим этапом работы будет передача исполнительной модели в ГИС IndorRoad для последующего её применения на стадии эксплуатации

дороги. Таким образом, будет осуществлена пилотная поддержка информационной модели в процессе её жизненного цикла [12]. ■

Литература:

1. 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
2. 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
3. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4
4. Конструирование в Renga Structure: учебное пособие. Санкт-Петербург: Renga Software, 2018. 131 с.
5. Официальный сайт разработчика Renga Structure. URL: <https://rengabim.com/> (дата обращения: 20.12.2019)
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. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
8. 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
9. СТО АВТОДОР 8.6–2016. Организационная и технологическая поддержка процессов формирования информационных моделей автомобильных дорог на всех этапах жизненного цикла (приказ от 7 апреля 2016 г. № 44). 2016. 48 с.
10. 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. Москва. 2018. 81 с.
11. 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
12. 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

Программный комплекс для информационного моделирования георадарных данных GeoReader

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.4

Сухобок Ю.А., к.т.н., доцент кафедры «Железнодорожный путь» ДВГУПС (г. Хабаровск)
Курбатов М.С., генеральный директор ООО «ТИМ» (Республика Башкортостан, г. Учалы)

В статье представлен программный комплекс GeoReader — инструмент для создания и модификации пространственной модели внутреннего строения автомобильных дорог. Рассмотрены основные возможности программного обеспечения в части обработки и интерпретации радарограмм: автоматизированное выделение слоёв дорожной одежды, поиск зон структурных аномалий, расчёт скоростных параметров грунтовых и конструктивных слоёв, привязка координат профилей к траектории движения георадара, экспорт результатов в САПР и ГИС. Обозначены перспективы дальнейшего развития программного комплекса.

В настоящее время метод георадиолокации является одним из самых распространённых способов диагностики и мониторинга внутреннего состояния дорожных конструкций. Опыт многочисленных научных и практических работ [1, 2] показал его применимость для решения различных задач диагностики и мониторинга конструкций автомобильных дорог.

На данный момент приоритетной является разработка программного обеспечения, которое позволило бы создать информационную (геопространственную) модель по данным георадиолокационного обследования и встроить её в сводную модель инженерных изысканий при реализации BIM-проектов на всех этапах жизненного цикла. Основной принцип технологии информационного моделирования [3, 4] заключается в непрерывной привязке георадарных профилей с помощью приёмников глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) или навигационных модулей мобильного лазерного сканирования (МЛС), преобразовании результатов расшифровки в облака точек и их экспорте в САПР и ГИС.

Рынок российского георадарного оборудования представлен несколькими крупными производителями и большим количеством компаний, ведущих собственные разработки. Наиболее популярны георадары серии ОКО («Логис-Геотех», г. Москва) и георадары серии ЛОЗА (ООО «Компания ВНИИСМИ», г. Москва). Из зарубежных широко применяются георадары GSSI (США), IDS Georadar (Италия), MALA (Швеция), 3D-Radar (Норвегия).

Программное обеспечение, которым укомплектованы отечественные георадары, не позволяет создавать пространственные модели по георадарным данным из-за ряда ограничений:

- экспертозависимость и субъективность процесса обработки и интерпретации георадарных данных, вследствие чего возникает возможность появления ошибок;
- низкая производительность ручной обработки данных — скорость интерпретации специалистом находится в пределах 10 километров в смену (8 часов);
- неточность пространственной привязки данных — отклонения от системы координат проекта не позволяют впоследствии со-

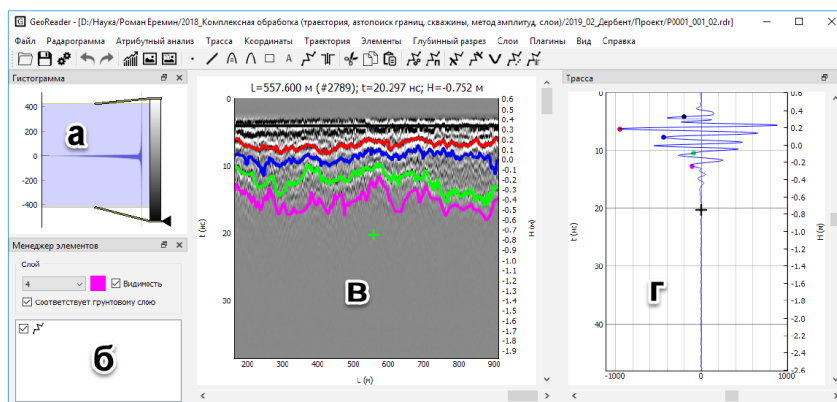


Рис. 1. Интерфейс рабочей области блока обработки одной радарограммы: а) гистограмма для настройки контрастности; б) менеджер элементов; в) область радарограммы; г) область текущей трассы

отнести полученные результаты с фактическим участком дороги, особенно если это касается скоростного сбора данных на протяжённых участках дорожной сети;

- недостаточная степень интеграции с САПР и ГИС.

Ряд отечественных программ снимают некоторые из вышеперечисленных ограничений, но нет ни одного решения, в котором был бы учтён весь требуемый функционал. Некоторые зарубежные программные комплексы (Radan7, GredHD и др.) лишены этих недостатков, но эти программы не адаптированы для поддержки российского оборудования, и их стоимость на порядок выше.

В данной статье рассматривается новый программный комплекс GeoReader, разработанный как специализированное средство для автома-

тизированной обработки и информационного моделирования больших объёмов георадарных данных.

Программный комплекс разделён на два основных блока: блок обработки одной радарограммы (рис. 1) и блок обработки пакета радарограмм (рис. 2).

Основной отличительной особенностью интерфейса является то, что он основан на принципах САПР. Так, на радарограмму можно наносить отдельные элементы: точки, отрезки, границы, скважины, дифракционные гиперболы, тексты. Элементы распределены по слоям; можно управлять видимостью как отдельных элементов, так и слоёв в целом.

При этом у слоя двойной смысл. С одной стороны, как и в любой другой САПР, слой — это совокупность элементов, с которыми можно

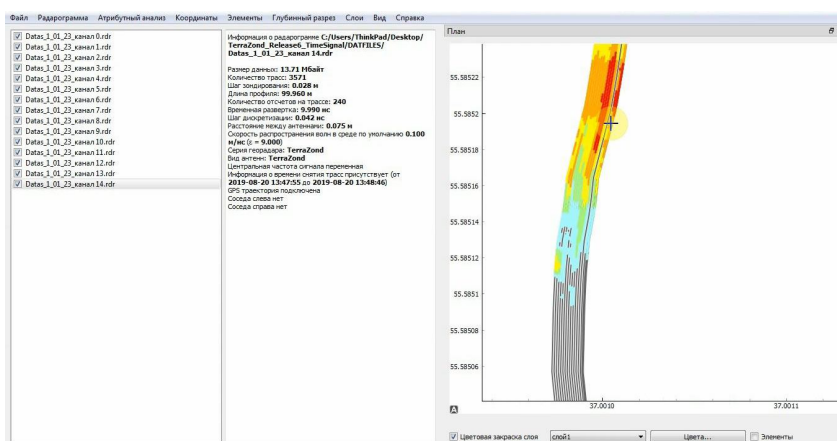


Рис. 2. Интерфейс рабочей области блока обработки пакета радарограмм: а) область радарограмм, входящих в проект; б) область параметров текущей радарограммы; в) траектория георадарных профилей с нанесённой цветовой индикацией о толщине слоёв

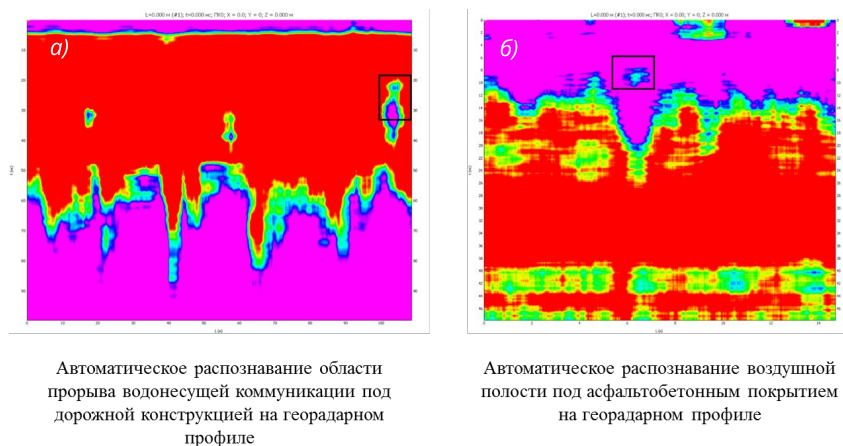


Рис. 3. Использование атрибутного анализа для поиска структурных аномалий в конструкции дорожной одежды: а) область прорыва водонесущей коммуникации под дорожной конструкцией; б) воздушная полость под асфальтобетонным покрытием

производить некоторые групповые операции. С другой стороны, под слоем может пониматься грунтовый или конструкционный слой (воздушная прослойка, асфальтобетон, щебёночно-песчаная смесь и пр.).

В блоке пакетной обработки можно производить массовые операции над всеми радарограммами в проекте. Кроме того, в нём можно настроить отображение траектории каждого георадарного профиля с цветовой индикацией толщины интересующего слоя (рис. 2в).

В качестве исходных данных программный комплекс GeoReader принимает форматы файлов различного георадарного оборудования, а именно георадаров ОКО-2 (форматы GPR и GPR2), «Лоза» (формат TXT), MALA (формат RD3), GSSI (формат DZT), «Терразонд» (формат TRZ). Кроме того,

принимаются данные стандартного геофизического формата SGY и текстовый формат CSV.

В программу включены традиционные функции по предварительной обработке георадарных данных [5, 6]: коррекция дрейфа нуля, сглаживание сигнала, настройка усиления и выравнивание динамического диапазона, частотная фильтрация, повышение разрешающей способности (деконволюция) и др.

Независимо от поставленной при георадарном обследовании задачи, как правило, обработка данных сводится к одной из трёх подзадач: выделению границ грунтовых и конструктивных слоёв, поиску коммуникаций или выделению зон структурных аномалий (переувлажнений, ослаблений грунта, воздушных полостей и пр.). Далее приведено описание функционала,

позволяющего успешно решить эти подзадачи.

В программу встроен алгоритм полуавтоматического поиска границ раздела слоёв. Принцип его работы состоит в том, что инженер задаёт начальную трассу и начальную точку границы на трассе, с которой, по его мнению, начинается граница. Затем программа строит границу, причём на любом этапе инженер может вмешаться в процесс построения и внести необходимые исправления.

Выделение зон структурных аномалий решается с помощью алгоритмов атрибутного анализа. Идея атрибутного анализа заключается в расчёте разного рода числовых параметров (атрибутов), которые накладываются на исходную радарограмму. По изменению атрибутов в некоторых местах в сравнении с общей картиной можно делать вывод о наличии зон локальных неоднородностей.

В программу GeoReader встроены алгоритмы атрибутного анализа, базирующиеся как на основе классической теории цифровой обработки сигналов и георадиолокации [5, 6], так и на основе современных алгоритмов цифровой обработки изображений. В частности, включены преобразование Гильберта, расчёт энергетических, амплитудных и спектральных амплитуд [7], алгоритмы текстурного анализа [8], фильтры Кэнни и Собеля и др. Примеры использования атрибутного анализа с целью поиска зон структурных аномалий дорожной одежды приведены на рис. 3.

Одна из основных операций, которая в обязательном порядке выполняется при обработке георадарных профилей, — преобразование временного разреза в глубинный разрез, т.е. пересчёт исходной временной шкалы (в наносекундах) в глубинную шкалу (в метрах). Для этого необходимо определить скорости распространения радиоволн в среде либо диэлектрические проницаемости, что в целом эквивалентно.

Традиционный способ определения скоростей радиоволн — метод дифракционных гипербола [6] — основан на выделении на радарограмме контуров гиперболического очертания, которые проявляются в случае, если в зоне разреза расположены локальные дифрагирующие объекты: большие камни, трубы, кабели. По углу наклона этих гипербола определяется скорость рас-

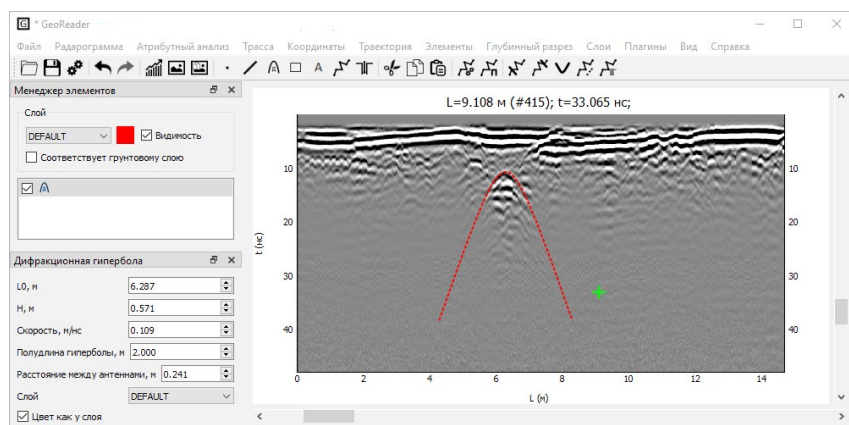


Рис. 4. Определение скорости распространения радиоволн по методу дифракционных гипербола

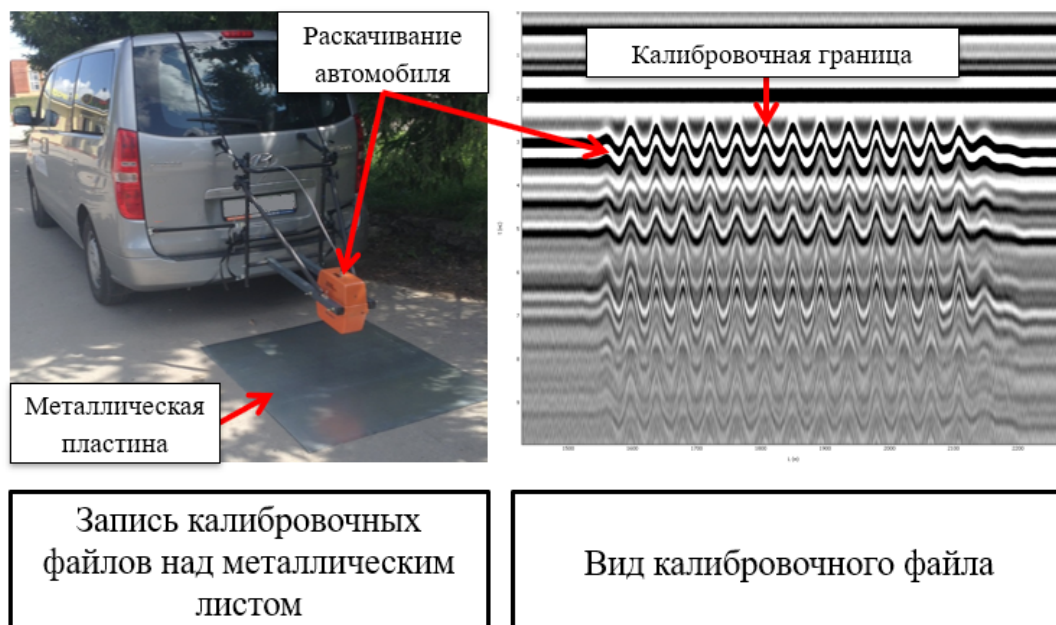


Рис. 5. Определение скоростей распространения радиоволн по методу анализа амплитуд

пространения радиоволн выше локального объекта. Данный метод встроен во все современные программы для обработки радарограмм, в том числе и в программный комплекс GeoReader (рис. 4).

Однако у метода дифракционных гиперболических волн имеется существенный недостаток: для его успешного применения требуется большое количество локальных неоднородностей, залегающих на разных глубинах, что редко встречается на практике. Поэтому в GeoReader также встроены другие методы определения скоростей: метод амплитуд и метод общей глубинной точки.

Метод амплитуд (рис. 5), впервые описанный в работе [1], основан на том, что отношение амплитуды, падающей на границу волны, к амплитуде отражённой волны зависит от диэлектрических проницаемостей этих сред. Перед непосредственным обследованием на участке проводят калибровку на металлической пластине, от которой электромагнитная волна отражается полностью. Зная амплитуду отражённого сигнала от металлической плиты, можно определить относительную диэлектрическую проницаемость в первом слое и, с большими погрешностями, во втором слое.

Метод общей глубинной точки (ОГТ) основан на проведении специального испытания — георадарного зондирования на переменной базе. Принципиальной особенностью этого испытания является то, что во время его проведения расстояние между антеннами георадара последовательно изменяется либо используется аппаратура с несколькими приёмниками, расположенными на различном расстоянии от передатчика. При обработке радарограмм, полученных при выполнении испытаний методом ОГТ, выделяются

годографы отражённых волн (рис. 6), с помощью которых можно определить скорость распространения радиоволн в каждом слое обследуемой среды [9].

Следует отметить, что, как правило, в программах обработки георадарных данных задаётся единая скорость распространения радиоволн для всего разреза. Часто это приводит к существенным ошибкам при расшифровке результатов, т.к. величина скорости может существенно меняться при переходе из одного слоя в другой. В GeoReader встроено два режима: либо скорость задаётся постоянной для всего разреза, либо для каждого слоя скорость задаётся отдельно. В последнем случае есть возможность уточнить зна-

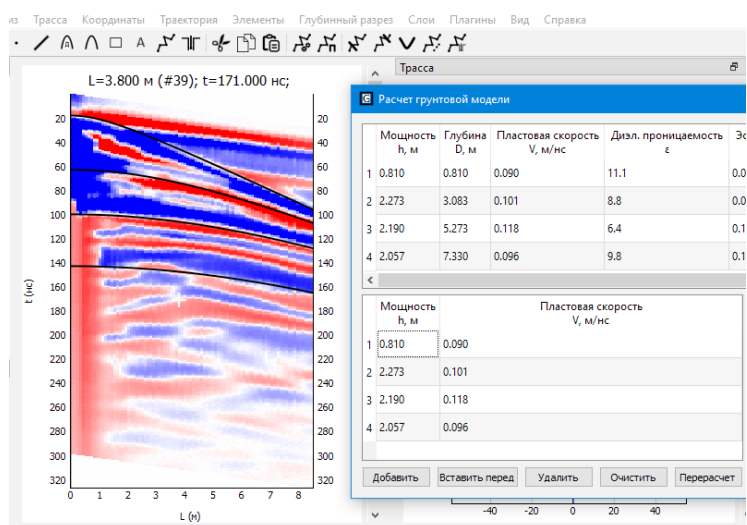


Рис. 6. Определение скоростей распространения радиоволн по методу общей глубинной точки (ОГТ): выделены гиперболические годографы отражённых волн

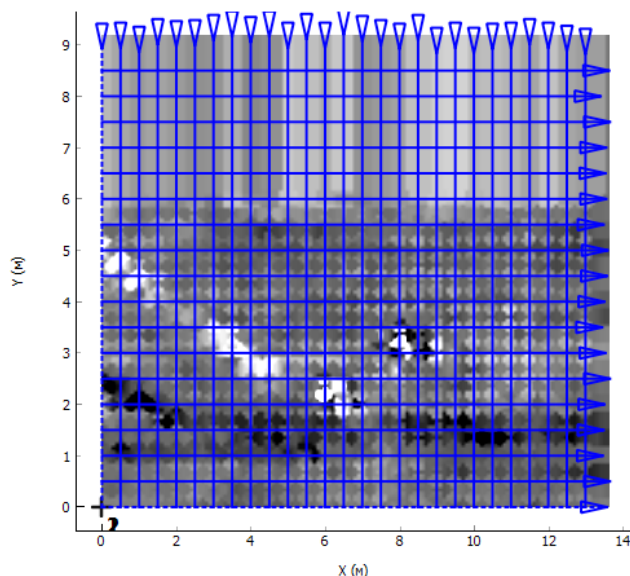


Рис. 7. Пример построения амплитудной карты: стрелками обозначены направления продольных и поперечных георадарных профилей

чения скоростей по данным контрольного бурения.

Часто результаты преобразования временного разреза в глубинный искажаются вследствие игнорирования расстояния между антеннами георадара (особенно сильно это проявляется для верхних слоёв обследуемой среды). Программный комплекс GeoReader может как учитывать это расстояние, так и пренебрегать им. Также в программу внесена возможность точного преобразования временного разреза в глубинный, при котором учитывается измене-

ние траектории радиоволн при переходе из слоя в слой [10].

В случае, если заданы отметки поверхности земли, при преобразовании временного разреза в глубинный GeoReader выполняет топографическую коррекцию, т.е. привязывает радарограмму к отметкам поверхности.

В программу встроена возможность обработки результатов площадной радарной съёмки, когда проводится обследование по заранее намеченной сетке продольных и поперечных профилей. GeoReader автоматически рассчитывает амплитудную карту для заданного на определенной глубине горизонтального сечения (рис. 7). Эта возможность часто используется при поиске подземных коммуникаций в условиях городской застройки.

Для привязки координат георадарных профилей в GeoReader включена возможность импорта траектории движения спутникового приёмника (мобильной лаборатории). Синхронизация радарограмм и траектории осуществляется по всемирному координированному времени (UTC). Помимо плановых координат, траектория может содержать высотные отметки точек сканирования. Есть возможность учесть сдвигу между антеннами георадара и спутниковым приёмником.

Результаты обработки: границы слоёв, точечные (локальные) объекты, данные о буровых скважинах — могут экспортироваться в различные САПР- и ГИС-форматы (DXF, SHP, KML, CSV). В соответствии с идеями информационного моделирования выгружаемые элементы кроме своих координат содержат также атрибутивную информацию. Так, границы содержат информацию о наименовании слоя, его электрофизических свойствах (скорости распространения радиоволн и диэлектрической проницаемости), цветах узловых точек и пр.

При расшифровке исходных данных можно выделить участки как с однозначно, так и с неоднозначно интерпретируемыми границами. Поэтому для качественной интерпретации радарограмм необходимо получить данные калибровочного бурения. В программном комплексе GeoReader реализована технологическая цепочка операций по взаимодействию с инженерами, осуществляющими буровые работы, представленная на рис. 8. Места потенциальных скважин намечаются на георадарных разрезах; далее они экспортируются в файл формата САПР/ГИС или таблицу координат выработок и передаются для выполнения контрольного бурения. После производства буровых работ в GeoReader передаются геологические колонки или акты отбора кернов, на основании чего производится уточнение положения границ.

С целью поиска зависимости между результатами георадарной съёмки и измерением упругого прогиба установкой ударного нагружения в программный комплекс GeoReader встроена

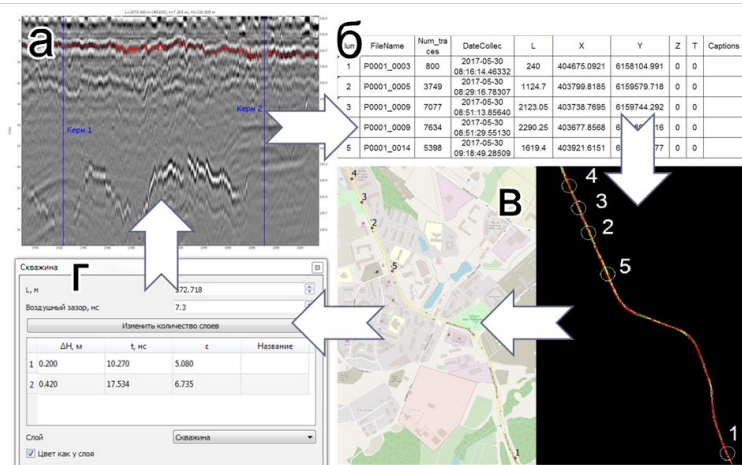


Рис. 8. Цикл операций по взаимодействию инженеров-интерпретаторов с инженерами, выполняющими буровые работы: а) определение положения скважин; б) импорт данных о положении скважин в обменный формат; в) получение данных геологических колонок; г) корректировка положения границ на радарограмме

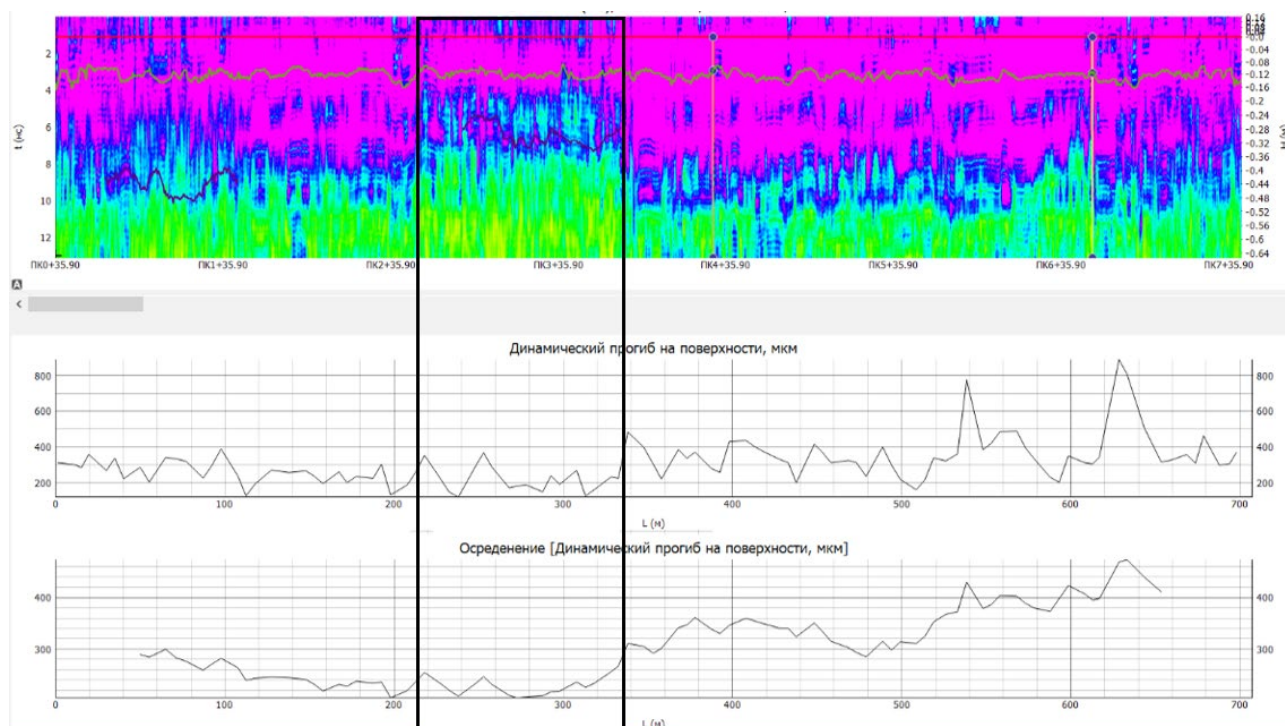


Рис. 9. Пример поиска корреляции между результатами атрибутивного анализа и данными установки ударного нагружения

возможность загрузки данных установки ударного нагружения с пикетной привязкой (рис. 9). Также можно подгружать любые другие внешние графики.

Таким образом, программный комплекс GeoReader позволяет широкому кругу потребителей (управлениям автомобильных дорог, дорожно-строительным, проектно-изыскательским организациям, научно-исследовательским институтам) получить достоверный результат по данным георадарной съёмки: указать на места с отклонениями значений по толщине уложенных слоёв дорожной одежды, места структурных аномалий в требуемой системе координат, соотнести полученный результат с данными других систем и сформировать массив цифровой информации для создания информационной модели по данным георадиолокации по принципам BIM-подхода.

В перспективе планируется внедрить полную автоматизацию процессов обработки радарограмм (поиска границ и зон структурных аномалий) на основе технологий машинного и глубокого обучения, а также встроить полную поддержку работы с многоканальными георадарами (типа георадиотомографов производства НПО «Терразонд») с автоматическим

построением трёхмерной поверхности геологической среды и расчётом скоростных параметров по методам общей глубинной точки (ОГТ) и общей средней точки (ОСТ).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (договор № 2922ГС1/45305). [\[1\]](#)

Литература:

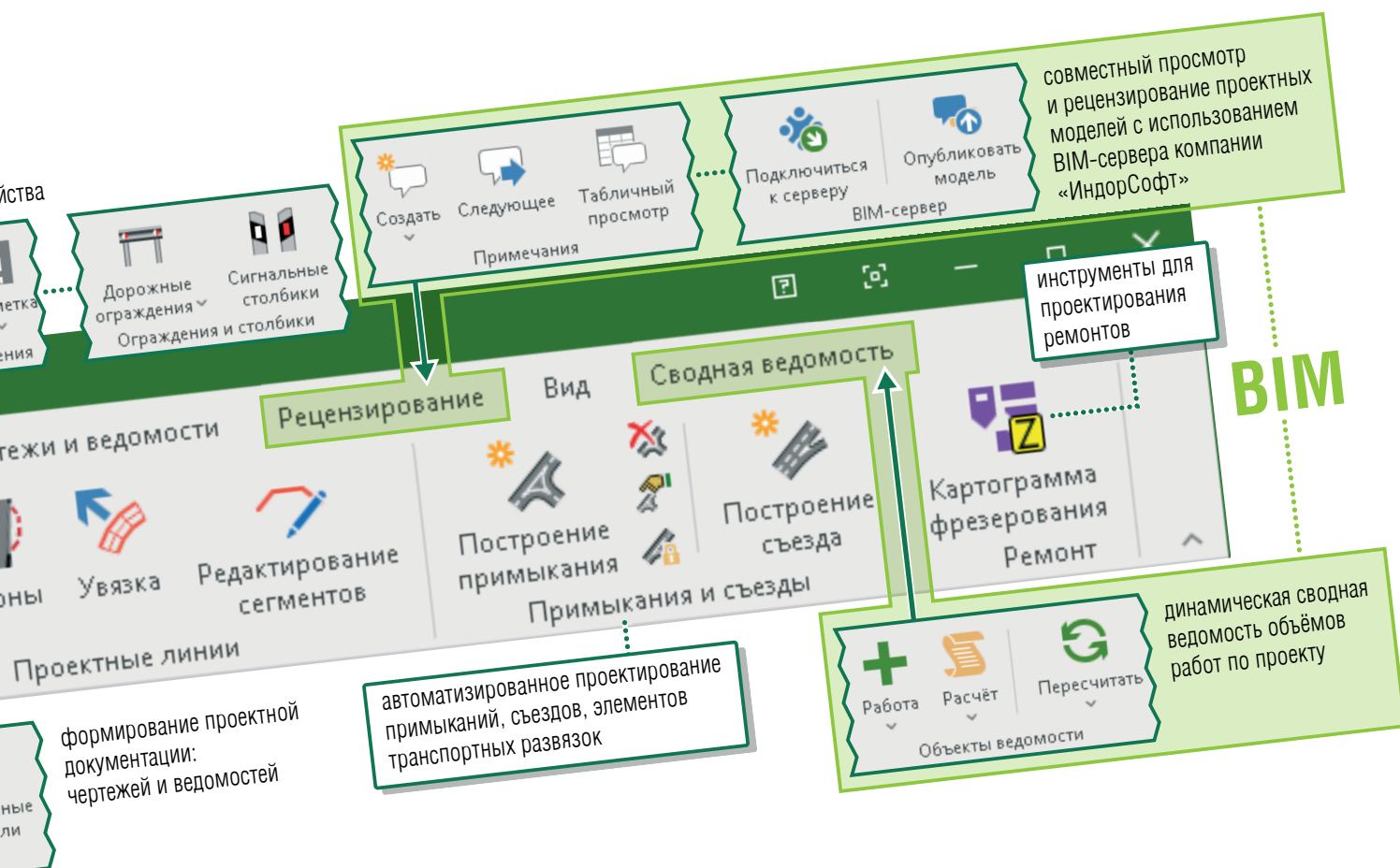
1. Saarenketo T., Scullion T. Road evaluation with ground penetrating radar // Journal of Applied Geophysics. 2000. Vol. 43. № 2–4. P. 119–138.
2. Lai W.W., Dérobert X., Annan P. A review of Ground Penetrating Radar application in civil engineering: A 30-year journey from Locating and Testing to Imaging and Diagnosis // NDT & E International. 2018. Vol. 96. P. 58–78.
3. Опыт информационного моделирования результатов георадарного обследования / Р.А. Еремин [и др.] // Engineering and Mining Geophysics 2019, Геленджик, 22–26 апреля 2019. DOI: 10.3997/2214-4609.201901728
4. Еремин Р.А., Сухобок Ю.А., Рассадкин Н.Ю. Технология геопространственного моделирования георадарных данных // Дороги и мосты. 2018. № 38 (1). С. 144–167.
5. An overview of groundpenetrating radar signal processing techniques for road inspections / A. Benedetto et al. // Signal Processing. 2017. Vol. 132. P. 201–209.
6. Владов М.Р., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. М.: Издательство МГУ, 2004. 153 с.
7. Pudova N., Shirobokov M., Kuvaldin A. Application of the attribute analysis for interpretation of GPR survey data // 17th International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR), Rapperswil, 2018. P. 1–4.
8. Zhao W., Forte E., Pipan M. Texture attribute analysis of GPR Data for archaeological prospecting // Pure and Applied Geophysics. 2016. Vol. 173. № 8. P. 2737–2751.
9. Forte E., Pipan M. Review of multi-offset GPR applications: Data acquisition, processing and analysis // Signal Processing. 2017. Vol. 132. P. 210–220.
10. Пупатенко В.В., Сухобок Ю.А. Литологическое расчленение разреза по данным георадиолокации // Мир транспорта. 2013. № 3. С. 154–161.

BIM-инструменты IndorCAD для разработки проектов на новом уровне

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.5

Снежко И.В., директор по продуктам ООО «ИндорСофт» (г. Томск)
Петренко Д.А., технический директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Данная статья раскрывает новые возможности системы IndorCAD в сфере BIM, направленные на изменение организационных подходов к разработке проектов. Рассматривается возможность доступа к промежуточным и итоговым результатам проекта и интерактивного обмена информацией между участниками различных рабочих групп, даже если они разбросаны по всему миру. Описываются возможности обмена информационными моделями.



Введение

Если сравнить функционал динамично развивающейся системы для проектирования автомобильных дорог 10-летней давности и на современном этапе, то можно проследить за развитием актуальных задач инженеров-проектировщиков, а также увидеть основные направления эволюции систем автоматизированного проектирования.

В настоящее время в нашей стране активно обсуждается внедрение технологий информационного моделирования (BIM) для инфраструктуры [1,2,3], формулируются основные элементы информационного моделирования для автомобильных дорог [4]. Государственная программа внедрения технологий информационного моделирования в строительную отрасль России стартовала в 2014 году [5]. Всё это формирует новые требования со стороны заказчиков к процессам реализации проектов, а также новые требования инженеров-проектировщиков к программному обеспечению, используемому при проектировании автомобильных дорог. Однако важно понимать, что технология информационного моделирования подразумевает под собой не только использование соответствующего программного обеспечения, но и повышение зрелости применения технологий [6], когда совершенствуется процесс создания и управления информацией на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства [7].

Данная статья раскрывает новые возможности программного обеспечения компании «ИндорСофт» в сфере BIM, направленные на соответствие актуальным требованиям заказчи-

ков и позволяющие существенно изменить организационные подходы к разработке проектов. Описываемые в статье новые функции и варианты взаимодействия предполагают использование следующего программного обеспечения.

- Система проектирования автомобильных дорог IndorCAD.
- BIM-модуль для IndorCAD.
- Система просмотра и рецензирования проектов IndorCAD BIMviewer.
- BIM-сервер от компании «ИндорСофт».

Взаимодействие на новом уровне

Внедрение технологии информационного моделирования в процессы проектирования объектов инфраструктуры предполагает «прозрачность» разработки и оперативный доступ всех заинтересованных лиц к промежуточным и итоговым результатам работы. Это обеспечивает эффективную организацию взаимодействия как внутри проектной группы, так и с заказчиком, экспертизой, строительным контролем и подрядной организацией, что в конечном итоге приводит к улучшению качества и сокращению срока производства работ.

Компания «ИндорСофт» предлагает использовать для организации такого

взаимодействия BIM-модуль для системы IndorCAD в связке с системой просмотра и рецензирования проектов IndorCAD BIMviewer. Примерная последовательность совместного участия в разработке проекта может выглядеть следующим образом.

Предположим, что инженеры-проектировщики в рамках своей рабочей группы выполняют создание и наполнение информационной модели автомобильной дороги. В определённый момент, например по завершении очередного этапа проектирования, возникает необходимость предоставить промежуточные результаты заказчику. И тогда уполномоченный сотрудник публикует модель на BIM-сервере и приглашает к обсуждению всех заинтересованных лиц со стороны заказчика и разработчиков (рис. 1, 2).

Чтобы увидеть опубликованную модель, оценить её и внести свои предложения, представителю со стороны заказчика достаточно запустить на своём рабочем месте бесплатную систему IndorCAD BIMviewer, после чего открыть нужную модель с BIM-сервера, просмотреть всю необходимую информацию о модели и оставить свои комментарии (рис. 3, 4, 5).

Находясь в пространстве информационной модели IndorCAD, заказчик получает исчерпывающую

Находясь в пространстве информационной модели IndorCAD, заказчик получает исчерпывающую информацию о наполняющих её элементах и дистанционно участвует в формировании информационной модели, оперативно внося свои предложения на промежуточных этапах и осуществляя согласование проектных решений.

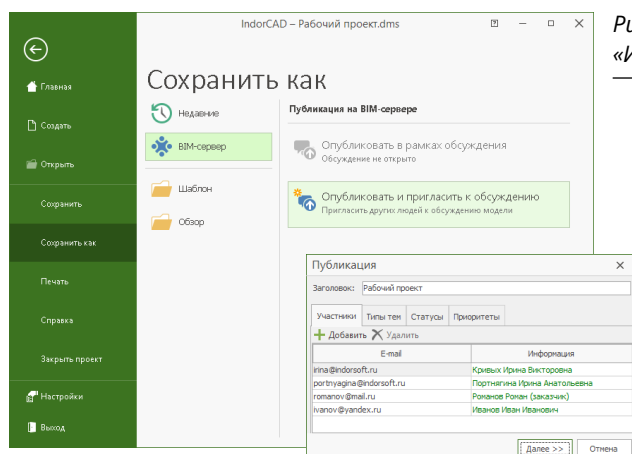


Рис. 1. Публикация модели на BIM-сервере компании «ИндорСофт»

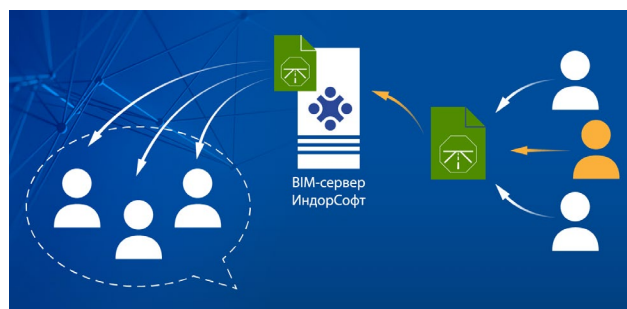


Рис. 2. Приглашение заинтересованных лиц к обсуждению

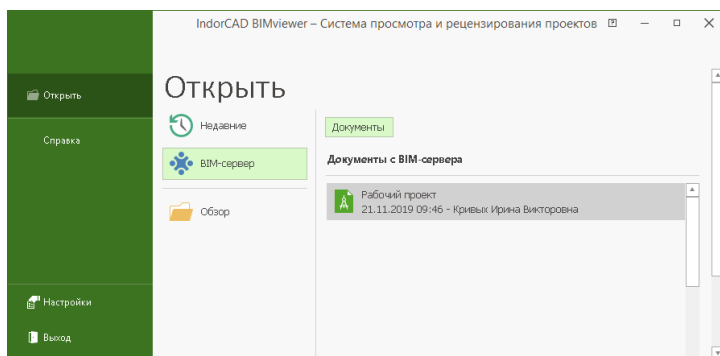


Рис. 3. Открытие модели с BIM-сервера

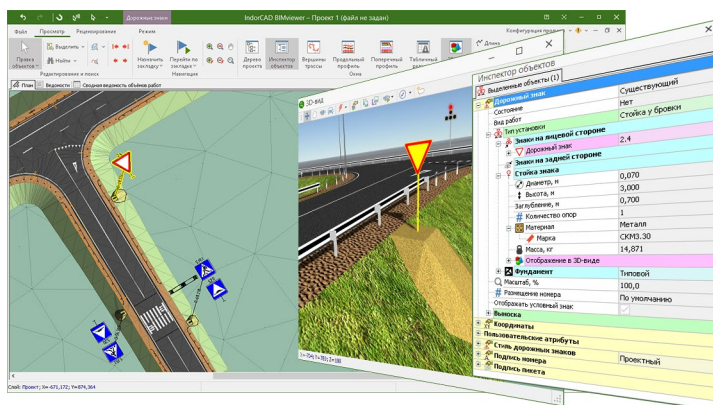


Рис. 4. Просмотр данных информационной модели

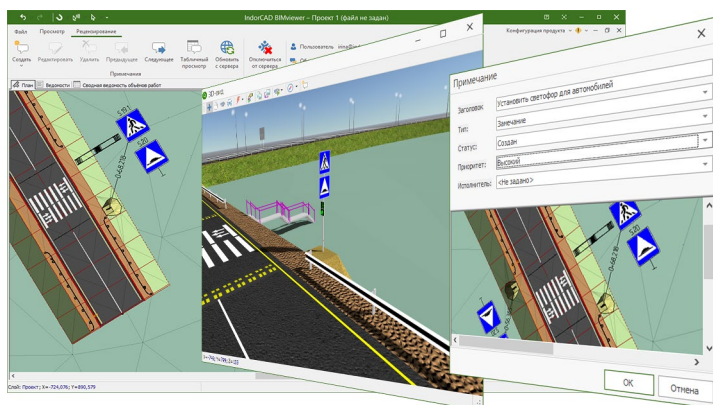


Рис. 5. Создание замечания по проекту

BIM-сервер — это специализированный сервер компании «ИндорСофт», предназначенный для хранения информационных моделей проектов, разрабатываемых в системе IndorCAD, и предоставления доступа к ним. Для подключения к BIM-серверу необходимо создать свою учётную запись. Сохранять и обновлять модели на BIM-сервере можно только из системы IndorCAD при наличии установленного BIM-модуля. Просматривать информационные модели могут любые заинтересованные лица с любого компьютера — достаточно установить систему IndorCAD BIMviewer. Для просмотра доступны только те модели, к которым был открыт доступ при их публикации.

информацию о наполняющих её элементах и дистанционно участвует в формировании информационной модели, оперативно внося свои предложения на промежуточных этапах и осуществляя согласование проектных решений. Не выходя из своего кабинета, заказчик может посмотреть и сравнить предлагаемые варианты проектных решений, оценить получаемые объёмы работ и оставить свои замечания и пожелания к информационной модели.

Помимо сведений о конструктивных решениях, заложенных в проект, в информационной модели также доступны различные документы: файлы видеосъёмки, фотографии, чертежи с необходимыми и дополнительными характеристиками объектов (рис. 6). Это позволяет всем участникам процесса максимально точно и эффективно учитывать сведения об участке проектирования и взаимодействие с другими сооружениями инфраструктуры и окружающей средой.

Оставляемые участниками обсуждения комментарии обязательно имеют координатную привязку в одной из проекций модели: это может быть план, продольный профиль, поперечный профиль или 3D-вид. Комментарии сразу же становятся видны всем другим участникам дискуссии, поэтому проектная группа имеет возможность незамедлительно реагировать на замечания заказчика, внося коррективы в проектное решение (рис. 7).

Любой участник рабочего процесса может быть вовлечён сразу в несколько обсуждений. Например, главный инженер проекта может участвовать в обсуждении модели, с одной стороны, с инженерами из своей рабочей группы, с другой стороны — с заказчиками, с третьей — с представителями государственной экспертизы.

Заметим, что выше приведён лишь один из возможных сценариев взаимодействия. Однако их может быть сколь угодно много. Новые инструменты взаимодействия, предлагаемые компанией «ИндорСофт», позволяют участникам различных рабочих групп интерактивно обмениваться информацией, даже если они разбросаны по всему миру.

Подобный вариант взаимодействия можно организовать внутри рабочей группы для демонстрации текущих результатов главному инженеру проекта, который может уехать в отпуск или командировку, но при этом продолжать дистанционно следить за ходом разработки проекта и контролировать его. Или с представителями государственной экспертизы, которые также могут получить удалённый доступ к информационной модели и сформулировать свои заключения.

Динамические ведомости и стоимостные расчёты

Традиционный подход к проектированию предполагает подключение сметного отдела на финальном этапе проектирования, когда все

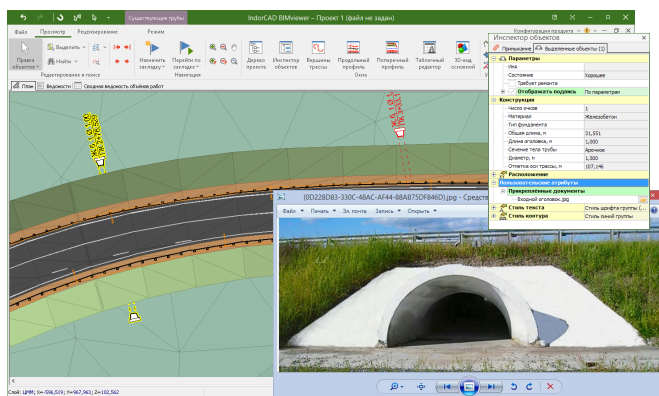


Рис. 6. Просмотр прикрепленных документов

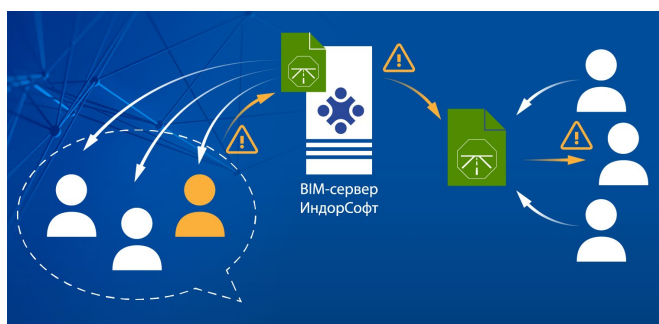


Рис. 7. Комментирование проекта

IndorCAD BIMviewer — это бесплатная система для просмотра, анализа и рецензирования информационных моделей проектов, созданных в системе IndorCAD. Позволяет просматривать полную информацию по всем объектам в проекте (трассам, продольным профилям, конструкциям поперечных профилей, включая модели земляных работ и дорожных одежд), а также все сохранённые в проекте результаты анализа модели (расчёт освещения, проезд крупногабаритных транспортных средств и т.д.).

BIM-модуль для IndorCAD — это расширенный набор инструментов для подготовки информационных моделей проектируемых объектов. Подключение этого модуля к системе IndorCAD:

- 1) открывает дополнительные возможности для обмена данными через открытые и распространённые форматы (IFC, OBJ и другие);
- 2) предоставляет доступ к публикации моделей на BIM-сервере из системы IndorCAD;
- 3) включает сводную ведомость объёмов работ;
- 4) позволяет настроить формирование информационной модели проектируемого объекта «в один щелчок мыши».

Для решения задачи промежуточной оценки стоимости проектного решения на всех этапах проектирования компания «ИндорСофт» предлагает своим пользователям использовать новые инструменты: динамические ведомости и сводную ведомость объёмов работ.

материалы определены, объёмы и площади подсчитаны, всё обустройство запроектировано и по всем проектным данным выпущены ведомости объёмов строительно-монтажных работ [7]. В современных условиях разработки проектов использование такого подхода становится практически невозможным, поскольку лишает заказчика возможности влиять на итоговую стоимость реализации проекта в процессе его создания, когда можно ещё на начальных этапах выбрать более подходящее решение путём сравнения нескольких вариантов прохождения трассы в плане или нескольких вариантов продольного профиля и оценки хоть и грубых, но достаточных для принятия решения стоимостных расчётов.

Для решения задачи промежуточной оценки стоимости проектного решения на всех этапах проектирования компания «ИндорСофт» предлагает своим пользователям использовать новые инструменты: динамические ведомости и сводную ведомость объёмов работ.

Динамические ведомости — это новый механизм, позволяющий сохранять непосредственно в проекте сформированные ведомости, отража-

ющие актуальное состояние модели (ведомости с объёмами земляных работ, ведомости с объёмами дорожной одежды, ведомости по объектам инженерного обустройства и пр.). Динамические ведомости сохраняются вместе с проектом и автоматически обновляются при внесении любых изменений в проект. Сохранённые в проекте ведомости доступны для просмотра всем участникам процесса создания проекта (например, заказчикам). Достаточно сохранить ведомости в проекте и опубликовать модель на BIM-сервере.

Особого внимания среди динамических ведомостей заслуживает сводная ведомость объёмов работ. Это первый, но очень важный шаг на пути к оценке стоимости реализации проекта непосредственно в процессе его разработки. Сводная ведомость объёмов работ включает конкретные виды работ, выполняемые при строительстве автомобильной дороги (возведение и укрепление земляного полотна, укладка слоёв дорожной одежды и пр.). Она формируется на основе частных ведомостей с объёмами (объёмы дорожной одежды и пр.) (рис. 8). Стоимостные оценки зано-

Наименование работ, материалов, конструкций и изделий	Шифр	Вид работы	Единица измерения	Количество	Стоимость
Строительство дороги					283 948 569,29 Р
Земляное полотно					261 491 185,97 Р
Самое земляное полотно			н³	74711,767	261 491 185,97 Р
Значение из ведомости "Объемы земляных работ (Вспом. съезд (Прикрытие/Трасса))" - Насыпь, н³				24890,751	87 117 628,14 Р
Значение из ведомости "Объемы земляных работ (Вспом. съезд (Прикрытие/Трасса))" - Насыпь, н³				24890,751	87 117 628,14 Р
Значение из ведомости "Объемы земляных работ (Основная трасса)" - Насыпь, н³				24930,266	87 255 929,69 Р
Дорожная одежда					20 832 365,54 Р
Выравнивающий слой			н³	3872,869	3 872 868,77 Р
Значение из ведомости "Объемы дорожной одежды (Вспом. съезд (Прикрытие/Трасса))" - Выравнивающий, н³				1935,333	1 935 332,98 Р
Значение из ведомости "Объемы дорожной одежды (Основная трасса)" - Выравнивающий, н³				1937,536	1 937 535,79 Р
Укладка основания			н³	3751,234	11 253 702,42 Р
Значение из ведомости "Объемы дорожной одежды (Вспом. съезд (Прикрытие/Трасса))" - Основание, н³				1250,028	3 750 084,15 Р
Значение из ведомости "Объемы дорожной одежды (Вспом. съезд (Прикрытие/Трасса))" - Основание, н³				1250,028	3 750 084,15 Р
Значение из ведомости "Объемы дорожной одежды (Основная трасса)" - Основание, н³				1251,178	3 753 534,11 Р
Укладка покрытия			н³/н²	1501,525/300,305	5 705 794,34 Р
Значение из ведомости "Объемы дорожной одежды (Вспом. съезд (Прикрытие/Трасса))" - Покрытие, н³				750,419	2 851 591,90 Р
Значение из ведомости "Объемы дорожной одежды (Основная трасса)" - Покрытие, н³				751,106	2 854 202,44 Р
Прыжки обочины					1 625 017,78 Р
Слева			н³	715,922	859 106,98 Р
Справа			н³	638,259	765 910,80 Р

Рис. 8. Сводная ведомость объёмов работ

саятся вручную и доступны для корректировки. Учитывая динамичность всех ведомостей, сводная ведомость объёмов работ позволяет в любой момент времени получить примерную, но достаточную для принятия ключевых решений оценку стоимости реализации проекта. Создав несколько вариантов проектного решения, можно сразу же предоставить доступ к ним стороне заказчика, чтобы выбрать оптимальное решение и иметь возможность продолжить работы по проектированию на утверждённом варианте.

Таким образом, вариант развития событий, когда на финальных этапах от заказчика приходит команда внести небольшие правки в проект (поправить профиль, подвинуть вершину угла, изменить радиус кривой или

ещё что-нибудь, казалось бы, мелкое), в результате чего нужно срочно переделать всё то, чего коснулись изменения, заново сформировать все чертежи и ведомости, пересчитать сметы и т.д., постепенно уходит в прошлое.

Обмен информационными моделями (интероперабельность)

Беспрепятственный обмен данными между различными программными продуктами через открытые и распространённые форматы является одной из ключевых характеристик информационного моделирования (BIM) [4]. Таким образом, для разработки проектов в концепции информационного моделирования обязательно соблюдение следующего условия: создаваемая

модель должна быть совместимой со стандартизированными форматами данных или используемое программное обеспечение должно уметь обеспечивать обмен данными модели с другими программными продуктами посредством стандартизированных форматов данных. Система IndorCAD развивается с учётом этих требований и предоставляет пользователям широкие возможности по обмену данными с другими программными продуктами [8].

С одной стороны, некоторые объекты проекта (остановочные комплексы, пункты взимания платы, АЗС, надземные пешеходные переходы, мосты и т.д.) зачастую проектируются отдельно и в других программных продуктах. Система IndorCAD позволяет загрузить



Рис. 9. 3D-модель надземного пешеходного перехода, загруженная в проект IndorCAD

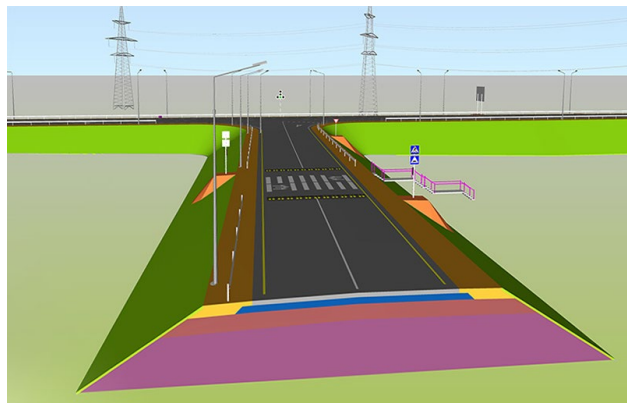


Рис. 10. Сводная информационная модель проектируемого объекта

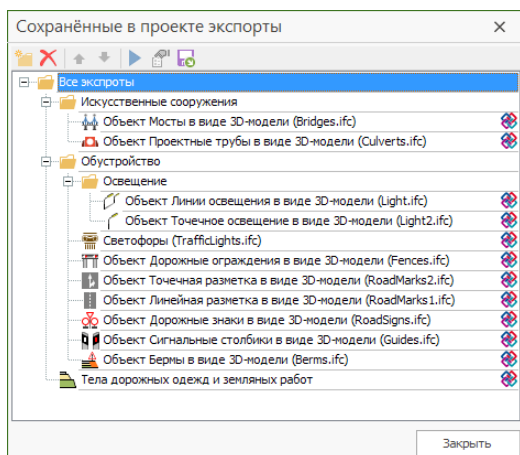


Рис. 11. Пакетный экспорт частных информационных моделей объектов

жать и устанавливать на создаваемую модель проектной поверхности различные 3D-объекты, созданные с использованием специализированных программных средств, поддерживающих распространённые форматы данных (IFC, OBJ и др.), для получения единой модели проекта [9]. Например, объекты придорожного сервиса, смоделированные в специальных программах, без проблем «встраиваются» в проектное решение (рис. 9).

С другой стороны, в последнее время всё чаще звучит требование со стороны заказчиков о предоставлении законченного проекта в виде информационной модели. Система IndorCAD предоставляет расширенный набор инструментов для подготовки информационных моделей проектируемых объектов. Возможность экспорта частных информационных моделей объектов позволяет предоставить заказчику необходимые сведения для формирования сводной (федерированной) информационной модели объекта строительства в специализированном программном обеспечении. Объединяя частные информационные модели, можно получить сводную информационную модель проектируемого объекта (рис. 10).

В IndorCAD возможен экспорт частных информационных моделей для следующих объектов:

- поверхности;
- 3D-тела элементов насыпи;
- 3D-тела элементов дорожной одежды;
- 3D-тела элементов укреплений откосов, кюветов и пр.;
- модели искусственных сооружений;
- инженерное обустройство;
- прочие 3D-объекты.

На этапе проектирования сводные модели позволяют своевременно обнаруживать коллизии, возникающие из-за несогласованности решений, подготовленных разными командами.

Если в модель проектируемого объекта вносятся изменения, то экспортированные данные

становятся неактуальными и нужно заново выполнять экспорт всех видов объектов, которых коснулись изменения. Для автоматизации этих операций в системе IndorCAD реализован пакетный экспорт частных информационных моделей объектов, благодаря которому можно всегда иметь «под рукой» набор актуальных данных: в случае изменения исходных данных экспортированные данные для всех объектов обновляются нажатием одной кнопки (рис. 11).

Заключение

Организация правильного взаимодействия между всеми участниками процесса — один из ключевых моментов в повышении производительности и сокращении затрат при разработке и реализации проектов. Новые возможности, которые предлагают своим пользователям разработчики программного обеспечения, открывают в этом направлении новые перспективы. Вполне возможно, что уже в ближайшем будущем станет неважным физическое местоположение участников разработки и можно будет в режиме реального времени отслеживать все этапы создания проекта и строительства на дороге. А в конечном итоге выиграет потребитель, который получит безопасную и качественную дорогу. ■

Литература:

1. Бойков В.Н., Скворцов А.В. InfraBIM для автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2019. № 1(12). С. 4–9. DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.1
2. 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.2017.1.2
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. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1
5. Приказ Минстроя России от 29 декабря 2014 года №926/пр «Об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства».
6. 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
7. Петренко Д.А. Эффективное управление информацией на всех этапах ЖЦ АД // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 75–79. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.12
8. 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
9. 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

Расчёт гидравлических параметров водопропускных труб и его реализация в программных продуктах

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.6

Савельева Т.Н., системный аналитик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

В статье рассмотрены основные гидравлические характеристики водопропускных труб, способ их расчёта в заданных гидрологических условиях, а также возможность оценки водопропускной способности и подбора соответствующей конструкции искусственных сооружений данного типа в программах IndorCulvert и Топоматик Robur-Искусственные сооружения.



Введение

В данной статье рассмотрим режимы работы и гидравлические параметры водопропускных труб, расчёт их пропускной способности, а также возможность оценки режима протекания и основных гидравлических характеристик труб в современных программных продуктах, представленных на российском рынке программного обеспечения [1].

Водопропускные трубы являются одним из наиболее массовых видов искусственных сооружений на дорогах разного назначения. В настоящее время их число на железных дорогах в районах с различным рельефом местности составляет 0,3–0,9 трубы, а на автомобильных — примерно 1,4 трубы на 1 км трассы [2]. Перспективы развития строительной индустрии требуют совершенствования конструктивно-технологических параметров возведения таких сооружений при снижении стоимости конструкций и работ, связанных с ними. В том числе нужен более точный подбор конструкции для гидрологических условий местности. Это приводит к необходимости выполнения оценки пропускной способности труб на этапе их проектирования.

Пропускная способность дорожных труб зависит главным образом от напора перед сооружением, размера отверстий и конструкции входных оголовков. Расчёт пропускной способности выполняют по уравнениям гидравлики, соответствующим режиму протекания потока через сооружение [3].

Режимы работы водопропускной трубы

В зависимости от характера затопления оголовков режимы работы водопропускных труб разделяют на безнапорный, полунанпорный и напорный.

При безнапорном режиме входной оголовок не затоплен и на всём протяжении трубы поток имеет свободную поверхность (рис. 1). Водопропускная труба при безнапорном режиме работает аналогично водосливу с широким порогом [2].

Верхней границей безнапорного режима является напор (H), при котором происходит затопление входного оголовка. Приблизительно можно принимать, что затопление происходит при $H/h = 1,1$ (для оголовков воротникового типа это значение составляет 1,2, для оголовков коридорного типа — 1,3).

Полунанпорный режим сменяет безнапорный при затоплении входного оголовка (рис. 2). При полунанпорном режиме водопропускная труба работает аналогично случаю истечения потока из-под щита [2].

Верхней границей полунанпорного режима является расход (напор), при котором происходит «зарядка» трубы, т.е. смена полунанпорного режима напорным, при котором труба на всей длине начинает работать полным сечением (рис. 3).

При полунанпорном и напорном гидравлических режимах над затопленным входным оголовком самопроизвольно формируются вихревые воронки (одна или несколько одно-

временно), через вихревые шнуры которых в трубу поступает воздух.

Поступающий в трубу с «несамозаряжающимся» входным оголовком воздух через вихревую воронку может привести к срыву переходного режима и формированию полунанпорного режима. Пропускная способность трубы при этом снижается, напор H перед ней увеличивается (при постоянной величине расхода воды Q), и если при этом произойдет «зарядка» трубы, то сформируется крайне неблагоприятная форма переходного режима с периодической «зарядкой» и «разрядкой» водопропускной трубы.

Такой переходный режим работы водопропускной трубы считается недопустимым. Поэтому гладкостенные водопропускные трубы в настоящее время проектируются на работу в безнапорном режиме, хотя при работе в полунанпорном и напорном режимах их пропускная способность существенно возрастает.

Основные гидравлические характеристики трубы и особенности их расчёта

В качестве исходных данных для гидравлических расчётов используются следующие данные, получаемые в процессе гидрологических изысканий:

- расчётный расход с вероятностью превышения 1%;
- объём стока;
- топографический план бассейна водосбора;
- продольный профиль автомобильной дороги;

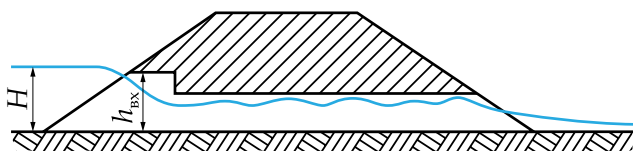


Рис. 1. Работа водопропускной трубы в безнапорном режиме

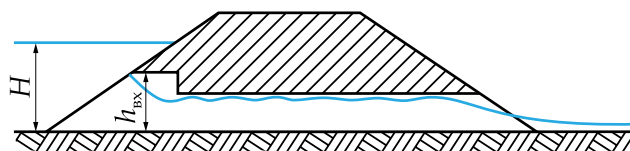


Рис. 2. Работа водопропускной трубы в полунанпорном режиме

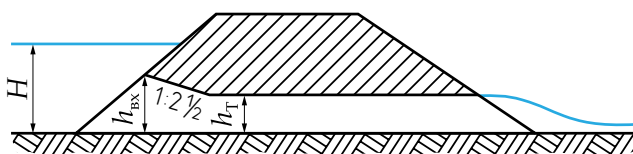


Рис. 3. Работа водопропускной трубы в напорном режиме

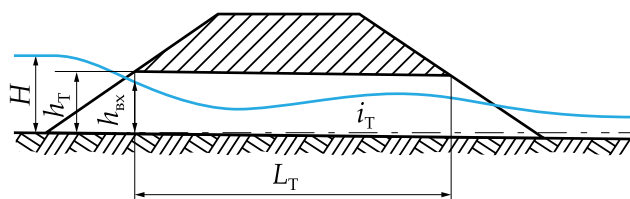


Рис. 4. Водопропускная труба и её гидравлические параметры: h_T — высота трубы; H — напор перед трубой; $h_{вх}$ — глубина воды на входе; i_T — уклон трубы

- поперечные профили автодороги по линиям водоразделов рассматриваемого бассейна;
- информация о наличии существующих водопропускных сооружений на рассматриваемом водотоке;
- информация о расположенных в непосредственной близости существующих автодорог и железнодорожных линий.

Водопропускные сооружения рассчитываются на пропуск максимальных расчётных расходов определённой вероятности превышения, которая зависит от категории дороги [4]. По результатам гидравлических расчётов должны быть установлены следующие параметры, определяющие основные размеры сооружений:

- наибольшая глубина перед сооружением, определяющая высоту дорожной насыпи;
- глубина воды на входе и в сооружении, определяющая режим протекания и заполнения водовода;
- глубина воды и скорость на выходе из сооружения, по которым назначаются размеры и тип укреплений на выходе.

Порядок расчёта основных характеристик

Согласно [5] рекомендован следующий алгоритм расчёта водопропускной способности трубы.

1. Расчётная зависимость расхода, поступающего в сооружение, от подпора перед трубой представлена следующим образом:

$$Q = Q_{\text{пр}} \left(1 - \frac{k_0}{i_n i_c W} H^3 \right), \quad (1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ — расход воды с соответствующей вероятностью превышения, $\text{м}^3/\text{с}$;

W — объём стока для гидрографа с наибольшим расходом, м^3 ;

i_n — уклон лога перед сооружением, %;

i_c — уклон склонов перед сооружением, %;

k_0 — коэффициент, зависящий от очертания пруда в плане, продольного и поперечного профиля по логу, определяется по приложению А [5].

Строится зависимость $Q = f(H)$.

2. Предварительно назначается отверстие трубы по действующему типовому проекту с учётом требований [СП] о минимальном отверстии трубы.

3. Проверяется условие безнапорного режима в зависимости от типа входного оголовка:

- для всех типов оголовков, кроме воротниковых и коридорных, затопление происходит при $H/h_T = 1,1$;
- для оголовков воротникового типа затопление происходит при $H/h_T = 1,2$;
- для оголовков коридорного типа затопление происходит при $H/h_T = 1,3$.

4. При невыполнении условия безнапорного протекания диаметр отверстия трубы увеличивается.

5. Определяется тип трубы в гидравлическом отношении. Для этого вычисляется критический уклон трубы по формуле:

$$i_{\text{кр}} = \frac{Q^2}{\omega_k^2 C_k^2 R_k} = \frac{g \chi_k}{\alpha C_k^2 b_k}, \quad (2)$$

где Q — расчётный расход потока, $\text{м}^3/\text{с}$;

ω_k — площадь живого сечения потока (м^2) при критической глубине h_k , м;

b_k — ширина потока поверху, м;

R_k — гидравлический радиус сечения потока, м;

g — ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

α — коэффициент Кориолиса, принимаемый равным 1,1;

χ_k — смоченный периметр сечения потока, м;

C_k — коэффициент Шези, определяемый по формуле Павловского:

$$C_k = \frac{1}{n} R_k^y, \quad (3)$$

где n — коэффициент шероховатости, равный для бетонной поверхности 0,015;

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_k}(\sqrt{n} - 0,1). \quad (4)$$

В случае, если уклон трубы больше или равен критическому значению уклона $i_T \geq i_{\text{кр}}$, то труба любой длины является «короткой» в гидравлическом отношении.

Во всех остальных случаях труба считается «длинной» в гидравлическом отношении.

6. Далее определяется подпор перед трубой.

Для гидравлически «короткой» трубы он вычисляется по формуле:

$$H_{\text{кор}} = \left(\frac{Q}{mb_k \sqrt{2g}} \right)^{2/3}, \quad (5)$$

где m — коэффициент расхода при совершенном сжатии потока на входе, принимаемый по таблице 2 Приложения А;

b_k — средняя ширина потока в сечении с критической глубиной; для прямоугольных труб равна ширине трубы, для круглых определяется по графику на рисунке 5.

Перед гидравлически «длинной» трубой подпор определяется по формуле:

$$H_{\text{дл}} = h_T \left[\frac{H_{\text{кор}}}{h_T} + 0,005 \left(\frac{l_T}{h_T} - 20 \right) \left(\frac{H_{\text{кор}}}{h_T} \right) \right], \quad (6)$$

где $H_{\text{кор}}$ — подпор перед аналогичной «короткой» трубой, м.

7. По полученному значению подпора проверяется условие безнапорного протекания в соответствии с п.3.

8. Выполняются также следующие проверки уровня подпора:

- возвышение бровки земляного полотна по продольному профилю трассы в границах бассейна водосбора: не менее чем на 0,5 м;
- отсутствие перелива воды в соседний бассейн — проверяется по поперечному профилю земляного полотна автодороги в местах водоразделов;
- при наличии вблизи мостов и труб инженерных сооружений, зданий и сельскохозяйственных угодий необходимо проверить их безопасность от подтопления

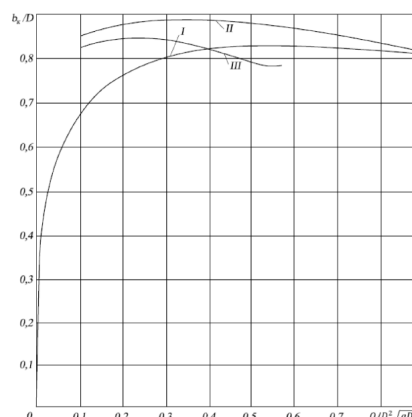


Рис. 5. График для определения средней ширины потока в сечении с критической глубиной в трубах с непрямоугольным сечением (I — для круглого сечения; II — для лоткового, III — для оvoidального)

вследствие подпора воды перед сооружением;

- при наличии в непосредственной близости автомобильной или железной дороги с водопропускным сооружением, расположенном на том же водотоке, проверить взаимное влияние уровней подпертых вод на режим работы соседнего сооружения.

В случае невыполнения проверок производится увеличение отверстия трубы и расчет повторяется.

9. Определяется глубина и скорость воды на выходе из трубы.

Глубина потока на выходе определяется из выражения:

$$\frac{h_{\text{вых}}}{h_k} = A_k f(i_T), \quad (7)$$

где h_k — критическая глубина в трубе, м;
 A_k — коэффициент, определяемый исходя из формы сечения трубы по приложению А ОДМ. Критическая глубина вычисляется из выражения:

$$\frac{\alpha Q^2}{g \omega_k^3} B_k = 1, \quad (8)$$

где α — коэффициент Кориолиса, принимаемый равным 1,1;
 Q — расход, м³/с;
 g — ускорение свободного падения, м/с²;
 ω_k — площадь живого сечения при критической глубине, м²;
 B_k — ширина живого сечения по свободной поверхности при критической глубине, м.
 Скорость потока на выходе из трубы определяется по формуле:

$$v_{\text{вых}} = \frac{Q}{\omega_{\text{вых}}}, \quad (9)$$

где Q — расчётный расход потока, м³/с;
 $\omega_{\text{вых}}$ — площадь живого сечения потока (м²) на выходе из трубы.

Таким образом, исходя из рассчитанных значений подбирается минимальный диаметр трубы, при котором сооружение будет исправно работать в заданных гидрологических условиях.

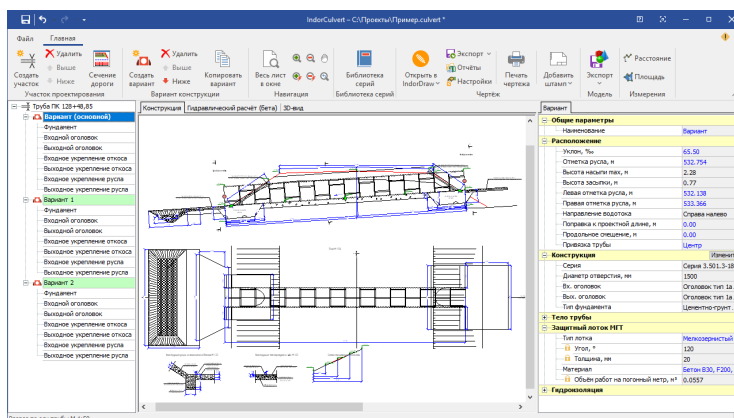


Рис. 6. Главное окно системы IndorCulvert

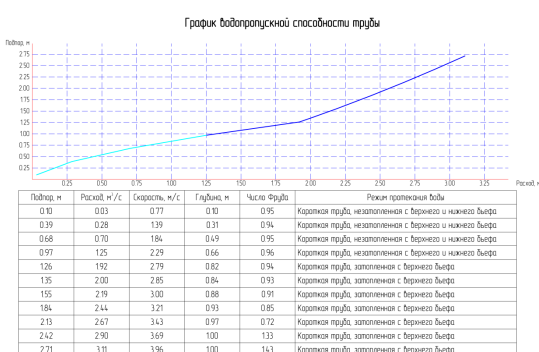


Рис. 7. График водопропускной способности трубы в системе IndorCulvert

Реализация расчёта гидравлических параметров в программных продуктах

IndorCulvert

Система проектирования водопропускных труб IndorCulvert («ИндорСофт», г. Томск) представлена на рынке программного обеспечения с 2015 года [6] (рис. 6).

В программе реализована поддержка большого количества типовых альбомов водопропускных труб, что позволяет создавать несколько вариантов конструкции трубы, по

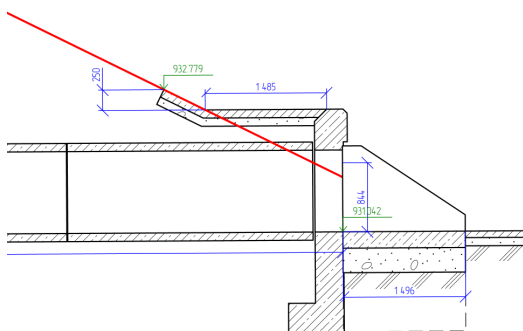


Рис. 8. Отображение уровня воды на входе трубы на чертеже в системе IndorCulvert

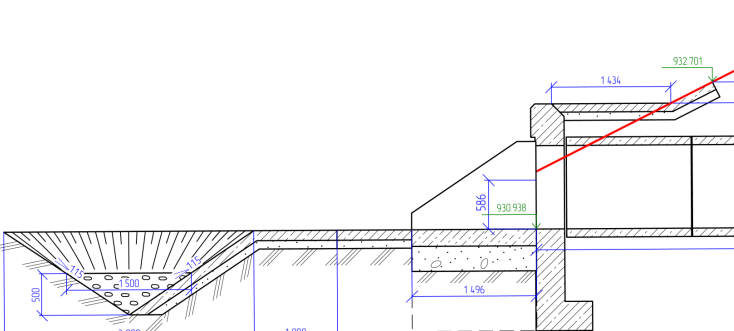


Рис. 9. Отображение уровня воды на выходе трубы на чертеже в системе IndorCulvert

Расчётные данные

Параметры трубы	
Форма сечения звеньев	Круглая труба
Диаметр отверстия, м	1
Длина тела трубы, м	23.30
Уклон лотка, ‰	0.00
Материал звеньев	Гладкий (бетон)
Тип оголовка на входе	Портальная стенка с открываками
Тип оголовка на выходе	Портальная стенка с открываками
Исходные данные	
Расчетный расход, м³/с	2.00
Скорость воды на входе, м/с	0.00
Глубина воды на входе, м	1.35
Результаты расчета	
Режим протекания воды	Короткая труба, затопленная с верхнего бьефа
Ширина потока, м	0.74
Площадь потока, м²	2.31
Число Фруда	0.93
Критический уклон, ‰	9.33
Критическая глубина, м	0.84
Глубина воды на выходе, м	0.84
Скорость воды на выходе, м/с	2.85

Рис. 10. Таблица исходных и рассчитанных параметров трубы в системе IndorCulvert

каждому из которых автоматически формируется чертёж и строится трёхмерная модель конструкции. Расчёт укладки звеньев может быть произведён как автоматически, так и вручную. Интерактивное создание полноценного чертежа по всем вариантам делает выбор оптимальной конструкции трубы удобным и наглядным.

В 2018 году в систему проектирования водопропускных труб IndorCulvert в режиме бета-тестирования был введён расчёт водопропускной способности труб. Он выполняется следующим образом: сначала задаётся конструкция трубы, затем для неё ведётся проверка условий протекания воды.

В проекте задаётся расход воды, на основе которого вычисляется режим протекания, а также

строится график водопропускной способности трубы. С помощью него можно определить величину расхода, при которой начнётся подтопление верхнего бьефа и труба войдёт в полунапорный режим, что для гладкостенных железобетонных труб является нежелательным.

На чертеже представлены вычисленные в ходе расчёта глубины воды на входе и выходе трубы (рис. 8, 9).

Основные гидравлические параметры трубы также рассчитываются и приводятся рядом с чертежом в виде таблицы (рис. 10).

Топоматик Robur-Искусственные сооружения

Для расчёта водопропускной способности сооружения в системе Топоматик Robur-Искусственные сооружения (НПФ «Топоматик», г. Санкт-Петербург) также сначала формируется конструкция трубы, указывается её расход и режим работы. В рабочей области обозначается место предполагаемой укладки трубы на поперечном сечении дороги (рис. 11).

На рисунке 12 представлены карточка параметров конструкции трубы и карточка объекта (участка проектирования). В случае, если для указанных параметров конструкции желаемый режим протекания является невозможным, система выдаст предупреждение об этом.

Далее производится расчёт раскладки трубы и оценка её конструктивных параметров (рис. 13).

Затем нажатием кнопки «Создать чертёж» можно сформировать и просмотреть чертёж полученной конструкции (рис. 14).

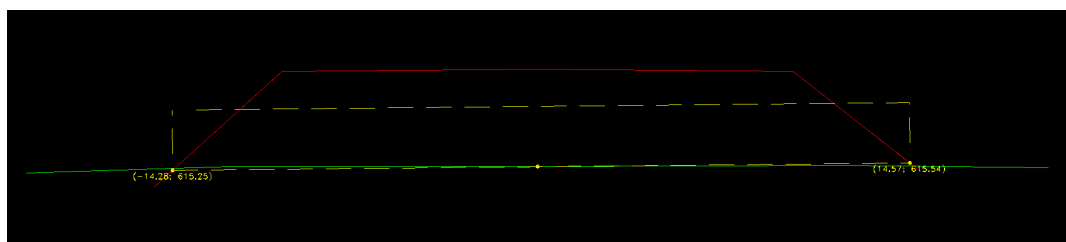


Рис. 11. Место предполагаемой укладки трубы в системе Топоматик Robur-Искусственные сооружения

Свойства трубы

Название и комментарий: Основные параметры: Фундамент, отверстия и оголовки: Укрепление откосов и русла:

Тип проектирования: Новое строительство

Тип дороги: Автомобильная

Отметка русла, м: 615.39

Высота насыпи (расчетная), м: 3.81

Уклон, ‰: 10

Коэффициент строк. подъема: 80

Удлинение трубы:

Слева: 0

Справа: 0

Положение существующей трубы (реконструкция):

Слева: X: -14.788 Y: 615.365

Справа: X: 14.723 Y: 615.416

OK Отмена

Свойства объекта

Название и комментарий: Основные параметры: Поперечник:

Расположение:

Пикет: 3+0.00

Угол, град: 90

Параметры водотока:

Глубина промерзания, м: 1

Расход, куб. м/с: 1

Режим протекания: Безнапорный

Параметры грунта:

Тип грунта: песок, галечниковый и гравелистый грунт

Связность: Связный

OK Отмена

Рис. 12. Исходные данные для формирования конструкции трубы

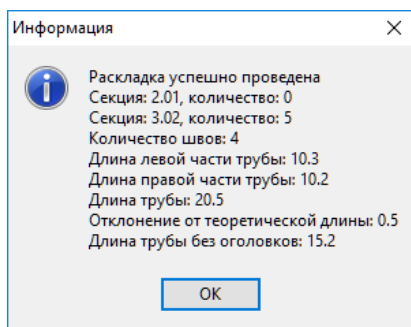


Рис. 13. Автоматическая раскладка трубы в Топоматик Robur-Искусственные сооружения

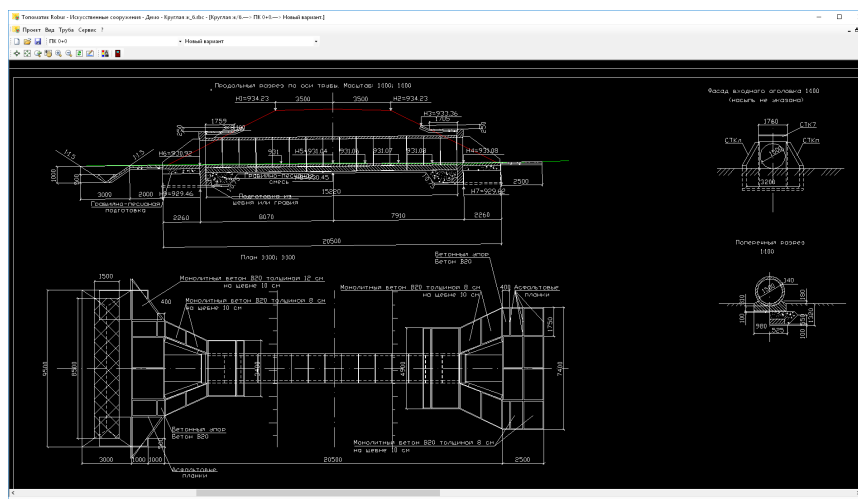
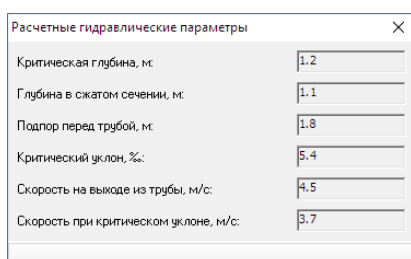


Рис. 14. Чертёж трубы в Топоматик Robur-Искусственные сооружения

Рис. 15. Рассчитанные в программе Топоматик Robur-Искусственные сооружения гидравлические параметры

На основе имеющихся данных об участке проектирования и предварительной конструкции трубы рассчитываются гидравлические характеристики сооружения. Полученные значения вводятся в отдельном окне (рис. 15).

Заключение

Расчёт водопропускной способности трубы на этапе проектирования позволяет наиболее точно подобрать оптимальные параметры конструкции трубы. Использование автоматизированного расчёта гидравлических характеристик для нескольких вариантов конструкций в одном проекте помогает значительно ускорить и упорядочить процесс выбора оптимальной конструкции для определённого участка, что в итоге позволяет экономить трудовые и денежные ресурсы. [\[1\]](#)

Литература:

1. Федотов Н.Г., Кривых И.В. Обзор программных продуктов для проектирования водопропускных труб // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 86–93. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.13
2. Алтунин В.И., Суэтина Т.А., Черных О.Н. Гидравлические расчёты водопропускных труб на автомобильных дорогах. Учебное пособие. М.: МАДИ, 2016, 92 с.
3. Пособие по гидравлическим расчётам малых водопропускных сооружений. М.: Транспорт, 1992, 408 с.
4. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84. М.: ОАО «ЦПП», 2011. 345 с.
5. ОДМ 218.2.082–2017. Методические рекомендации по проведению гидравлических расчётов малых ИССО на автомобильных дорогах. М., 2017. 45 с.
6. Райкова Л.С., Снежко И.В., Шаймарданов М.Ш. IndorCulvert как надёжный инструмент для проектирования водопропускных труб // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 1(6). С. 34–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.6

Дорожная инфраструктура и высокоавтоматизированные транспортные средства

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.7

Евстигнеев И.А., начальник отдела перспективных систем департамента информационных технологий и интеллектуальных транспортных систем Государственной компании «Автодор» (г. Москва)

Рассматривается неоднозначная трактовка понятия цифровой телекоммуникационной инфраструктуры. Анализируются условия внедрения высокоавтоматизированных транспортных средств в дорожную инфраструктуру. Описываются основные технологические проблемы дорожной телекоммуникационной инфраструктуры, которые необходимо решить для обеспечения безопасного движения высокоавтоматизированных транспортных средств, а также даются рекомендации по их устранению.



К вопросу терминологии

Готова ли инфраструктура городов и федеральных дорог к массовому использованию высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС)? Давайте поразмышляем именно в области технических рисков.

К сожалению, пока понятие цифровой телекоммуникационной инфраструктуры, обеспечивающей ВАТС необходимыми сервисами и информацией, является неоднозначным.

Под цифровой инфраструктурой часто понимают цифровую копию (модель) физической инфраструктуры. Применительно к наземному транспорту это в основном высокоточные трёхмерные цифровые карты. В литературе сейчас одновременно встречаются также понятия «информационная инфраструктура», «интеллектуальная инфраструктура», «инфраструктура цифровой экономики», «умная инфраструктура» и другие похожие термины. В целом под цифровой инфраструктурой понимается скорее информационно-коммуникационная инфраструктура как совокупность средств передачи, хранения, обработки и представления информации, предназначенная для повышения эффективности работы некоторой системы в целом.

В более широком контексте цифровая инфраструктура понимается уже как совокупность социально-технических систем, включающая влияние разработчиков и пользователей информационных технологий.

В материалах Европейской комиссии понятие цифровой инфраструктуры обозначается так: «Статическое и динамическое цифровое отображение физического мира, с которым автоматизированные транспортные средства будут взаимодействовать в процессе эксплуатации. Сюда входят сбор, обработка и передача информации».

Так что термин «цифровая инфраструктура», хотя он и получил широкое распространение, носит скорее обобщающий характер, чем является научно-техническим определением.

Условия внедрения ВАТС в дорожную инфраструктуру

По мнению автора, начальный этап внедрения ВАТС, а возможно и дальнейшие этапы, однозначно потребует поддержки со стороны дорожной инфраструктуры. Не исключено, что при дальнейшем развитии технологий ВАТС, вероятно, смогут создаваться без особых требований к оснащению дороги.

Скорее предпочтителен «гибридный» подход, основанный на использовании нескольких технологий для обеспечения наилучшей функциональности системы «транспортное средство + инфраструктура», однако их наиболее эффективное сочетание всё ещё не найдено.

Развитие ВАТС нельзя рассматривать изолированно от коммуникационных систем, обеспечивающих «подключённость» автомобилей. Все

передовые разработки по реальному внедрению ВАТС ведутся как минимум с учётом возможностей «подключённости», а в большинстве своём непосредственно на основе таких технологий.

Без интеллектуальной инфраструктуры, которая способна принять на себя часть задач, стоящих перед ВАТС, цена таких автомобилей может стать неприемлемой для коммерческого использования.

Успешное функционирование ВАТС зависит от большого количества датчиков, лидаров, радаров, камер и т.д., и все эти элементы увеличивают стоимость производства транспортных средств. Мало того, все они имеют серьёзные недостатки и технические ограничения.

- Проблемы видеокамер: ограниченная зона видимости для полноценного обзора, дорожная грязь, снег, низко сидящее яркое солнце, проблесковая реклама на улично-дорожной сети города.
- Проблемы лидаров: крайне высокая стоимость (40–70 тысяч долларов), сложность подбора алгоритмического компромисса по выявлению опасных для движения объектов.
- Проблемы радаров: выдают мало доступной информации.

Без интеллектуальной инфраструктуры, которая способна принять на себя часть задач, стоящих перед ВАТС, цена таких автомобилей может стать неприемлемой для коммерческого использования.

Одним из способов уменьшения стоимости ВАТС является перераспределение ответственности, сконцентрированной в данный момент на транспортном средстве, на систему, включающую транспортное средство и инфраструктуру. При развёртывании на ограниченных участках (когда не надо сразу оснастить целый город) вполне вероятно, что подобная система окажется более экономичной, чем дорогой полный набор сенсоров в транспортном средстве.

Взаимодействие с инфраструктурой открывает новые возможности в управлении транспортными потоками и значительный потенциал в повышении эффективности дорожного движения, что также говорит об очевидной необходимости внедрения этих технологий. В этом случае автоматизация не только поддерживается инфраструктурой, но и фактически ею обеспечивается.

Все участвующие в движении автомобили должны быть оснащены оборудованием V2V, V2I, V2X и т.п. При таком подходе автоматизация может предоставляться как услуга (подобно проезду по платному участку дороги), а пользователи будут платить за неё по мере необходимости.

Компетенции и обязанности по организации автоматизированного управления транспортным средством (ТС) разделяются между инфраструктурой (которая будет обеспечивать ситуационную осведомлённость), сторонними поставщиками программного обеспечения, встроенного в ТС (и принимающего решения по управлению), и традиционными OEM-производителями автомобилей (которые предоставляют сами машины, оснащённые двигательными установками и иными необходимыми элементами).

Коммуникация ТС с инфраструктурой будет стимулировать развитие интеллектуальных городов, где сочетание современных методов организации дорожного движения, «умной парковки» и административных воздействий приведёт к улучшению общей дорожной ситуации и повысит её безопасность. Связь транспортных средств с инфраструктурой поможет во время аварий и чрезвычайных ситуаций и будет значительным достижением на пути к полной автоматизации.

Несмотря на стремительный прогресс, ещё остаются нерешённые технологические проблемы, которые препятствуют повсеместному распространению ВАС, в том числе в сфере формирования дорожной инфраструктуры.

Основные технологические проблемы (факторы риска) дорожной инфотелекоммуникационной инфраструктуры для обеспечения движения ВАС

1. Необходимость получения, хранения и обработки больших данных в режиме реального времени

Текущие риски

- Объём данных, генерируемых объектами транспортной системы, уже достаточно велик и, как ожидается, будет быстро расти. При большом скоплении связанных автомобилей имеет место лавинообразное нарастание количества исходных данных для анализа, что приводит к ошибкам и медлительности работы бортовых устройств.
- Необходимость безопасного и эффективного управления ВАС в режиме жёсткого реального времени.
- Отсутствие либо низкий уровень интеллектуальности систем управления ВАС на современном этапе развития, исключающий возможность их использования в условиях сложной и динамически изменяющейся дорожной обстановки.
- Отсутствие единых правил, которые опишут, как обращаться с данными, кто ими владеет, можно ли и по какой цене эти данные купить.
- Владелец данных может не понравиться идея отдавать свои данные в чужую систему,

при этом что зарабатывать на них будут не они сами, а, возможно, их конкурент.

Рекомендации

Безусловно, в современном мире данные — один из важнейших активов.

Технология больших данных подразумевает наличие трёх элементов: огромных массивов данных, вычислительных мощностей для очень быстрой обработки этих данных и специальных математических моделей, позволяющих сравнивать заранее определённые параметры, доступ к которым раньше был запрещён. Это позволяет выявлять новые, очень часто неочевидные связи и закономерности и уже на их основе принимать управленческие решения и извлекать прибыль.

На сегодняшний день участники российского и зарубежного рынков создали межотраслевой консорциум «Автодата.Рус». Планируется, что консорциум создаст национальную сервисную телематическую платформу «Автодата», которая будет аккумулировать данные по автомобилям¹.

На базе платформы предполагается создание сервисов, включая макеты «умной автомобильной магистрали», «умной дорожной сети». Пока это совершенно неурегулированное поле деятельности. Соответственно, дать отрицательную или положительную рекомендацию деятельности проекта «Автодата» невозможно, всё будет зависеть от того, как оперативно и грамотно будут решены текущие проблемы в области больших данных, но в любом случае данное стремление нужно считать положительным фактором.

2. Системы связи V2X (автомобиль — автомобиль, автомобиль — инфраструктура, автомобиль — другие участники движения)

Текущие риски

- Отсутствие устойчивого покрытия автодорог сетью 4G.
- Теоретически сеть стандарта 5G позволит автомобилям взаимодействовать с диспетчерской службой и между собой в режиме реального времени и без задержек, присущих существующим сотовым сетям. Это действительно важно. Для качественного покрытия и высокой надёжности базовые станции придётся установить очень часто. Это огромные вложения в инфраструктуру.
- Серьёзные проблемы выделения и расчёта частот для сетей 5G. Реализация программы «цифровой экономики» буксует из-за того, что оборонное ведомство не хочет отдавать подходящие частоты. Минобороны РФ выступило против передачи операторам мобильной связи частот в диапазоне 3,4–3,8 ГГц. Министерство обороны РФ предложило использовать для 5G частоты в диапазонах 4,8–4,99 ГГц и 27,1–27,5 ГГц, ра-

¹ <https://www.comnews.ru/content/122298/2019-10-01/avtodatarus-krupnyeshee-hranilishche-dannyh-v-mire>

нее одобренные Госкомиссией по радиочастотам. Однако под первый диапазон в России попросту нет коммерческого оборудования, а второй подходит лишь для локального покрытия. Диапазон 3,4–3,8 ГГц, который в наибольшей степени подходит для 5G, занят средствами спутниковой связи Минобороны и других силовых ведомств.

- Фактически требуется создание системы гарантированной связи на расстояниях до 200 м и относительных скоростях до 120 м/с уровня не ниже ASIL B ISO 26262, степени защиты не ниже IP45 ГОСТ 14254-96 и латентностью не более 1 мс.

Элементы дорожной инфраструктуры кооперативных систем, обеспечивающих информирование водителя, должны обеспечивать непрерывную передачу данных между транспортными средствами и дорожной инфраструктурой.

Технологическое обеспечение систем связи (передатчики, приёмники, каналы, протоколы, конфигурации сетей и т.п.) играет в данном контексте уже второстепенную роль. Основное требование к системам связи — это надёжная и быстрая передача требуемого объёма данных. Какими техническими средствами это достигается — не так важно при рассмотрении систем управления.

Рекомендации

Необходимо развитие технологий беспроводной передачи данных для обеспечения максимально быстрого (мгновенного) обмена информацией автомобилей высокой степени автономности между собой и с объектами инфраструктуры.

Естественно, основными местами размещения радиоэлектронных средств являются крупные города и примыкающие к ним территории. Следствием этого является сложная электромагнитная обстановка на данных территориях и фактически отсутствие свободного радиочастотного ресурса. Предстоит серьёзная борьба между владельцами частотного ресурса не только в России, но и по всему миру.

На территории Российской Федерации отсутствуют стандарты на подобные системы связи. При этом существуют значительные трудности по

Основное требование к системам связи — это надёжная и быстрая передача требуемого объёма данных. Какими техническими средствами это достигается — не так важно при рассмотрении систем управления.

внедрению таких систем, т.к. остаются нерешёнными вопросы электромагнитной совместимости.

3. Картография, ГИС, навигация

Текущие риски

- Отсутствие решений, как поддерживать актуальность высокоточных цифровых карт.
- Отсутствие понимания в унификации цифровых карт.

Большинство водителей уже стали кивались с неактуальными картами в навигаторе, когда на дороге проводился ремонт, случилось дорожно-транспортное происшествие или недавно построили новую развязку. А как быть ВАС?

Большой риск — отсутствие в достаточном объёме картографического обеспечения, описывающего дорожную инфраструктуру с достаточной для движения ВАС точностью (до сантиметров в плане), а также отсутствие системы внесения изменений в картографическое обеспечение для участков дорожной сети с высокой динамикой изменений элементов окружающей среды.

Пока приходится ориентироваться на различные неунифицированные HD maps (high definition maps) — карты, построенные с высоким разрешением.

Рекомендации

С целью повышения безопасности дорожного движения высоко- и полностью автоматизированных (беспилотных) транспортных средств, а также повышения мобильности и комфорта для участников дорожного движения необходима разработка и внедрение цифровой модели дороги (ЦМД), основанной на достоверных высокоточных пространственных данных о дороге и условиях движения. ЦМД необходимо разработать для всех дорог, предназначенных для применения ВАС.

Для ЦМД допускается применение различных карт, прошедших соответствующую сертификацию на предмет унификации объектов отображения,

надёжности, качества, достоверности и своевременности обновления.

Дорожно-транспортная инфраструктура должна обладать возможностью обеспечить передачу с заданными параметрами качества управляющих воздействий и данных о ситуационной осведомлённости, а также своевременное обновление дорожной карты на участке дороги, по которому следует ВАС.

ЦМД должна обеспечивать:

- ситуационную осведомлённость ВАС;
- оптимальное перераспределение транспортных потоков ВАС для достижения заданных показателей качества обслуживания различных клиентских групп;
- управление ВАС в различных нештатных ситуациях;
- решение конфликтных ситуаций на стратегическом уровне управления транспортными потоками ВАС;
- поддержку реализации автоматической системы управления дорожным движением для ВАС, эксплуатирующихся в беспилотном режиме;
- удалённый доступ пользователей ВАС к пользовательским сервисам ЦМД в онлайн- и офлайн-режимах.

ЦМД должна содержать:

- цифровую крупномасштабную навигационную карту с описанием структурных линий дорог, дорожной разметки, дорожных знаков, светофоров и т.п.;
- цифровой граф дорог;
- цифровые сведения об условиях движения, характеризующие текущую дорожно-транспортную обстановку (препятствия, аварии, плохие погодные условия, низкое качество дорожного покрытия и пр.);
- данные, описывающие объекты придорожной инфраструктуры и сервиса;
- слои обработки исходной информации и формирования управля-

ющих воздействий на транспортный поток БАТС;

- интерфейс взаимодействия с интеллектуальными транспортными системами (ИТС) (кооперативными ИТС);
- аппаратно-программный комплекс реализации пользовательских сервисов.

При формировании высокоточных цифровых динамических карт предлагается руководствоваться основными международными телекоммуникационными стандартами в области интеллектуальных транспортных систем:

- ISO/PRF TR 17424 — Intelligent transport systems — Cooperative systems — State of the art of Local Dynamic Maps concepts;
- ISO/PRF TS 18750 — Intelligent transport systems — Cooperative systems — Definition of a global concept for Local Dynamic Maps;

а также другими решениями уполномоченных органов (в том числе международных) в данной области.

4. Системы глобального и локального позиционирования. Технологии повышения точности навигации

Текущие риски

Практически все БАТС используют GPS/ГЛОНАСС, глобальную спутниковую систему навигации, и от неё нельзя отказаться.

С высокой степенью вероятности может потребоваться дополнительное оборудование дороги устройствами, обеспечивающими высокоточное позиционирование БАТС (например, сервисом дифференциальных поправок GPS/ГЛОНАСС — РТК, «кинематикой реального времени»).

Однако что произойдёт с БАТС, если пропадёт сигнал от спутника? Оно просто остановится посередине оживлённого перекрёстка...

Рекомендации

С целью повышения безопасности дорожного движения автотранспортных средств (в том числе беспилотных), достижения мобильности и комфорта для участников дорожного движения сформировать в составе дорожной инфраструктуры систему высокоточного позиционирования дороги (СВПД) на основе методов определения местоположения объектов по

Для реализации даже простейших сценариев необходимо, чтобы минимум 10% автопарка было оснащено беспроводными модулями, а оптимальная доля — это порядка 80%.

сигналам глобальных спутниковых навигационных систем.

Возможным вариантом состава СВПД является:

- линейная сеть референчных базовых станций;
- сетевой центр управления;
- волоконно-оптическая линия связи;
- канал мобильной радиосвязи.

СВПД должна обеспечивать:

- сбор, хранение, обработку информации от базовых станций, выработку и выдачу на приёмник пользователя корректирующей информации;
- точность определения местоположения движущегося автотранспортного средства в режиме реального времени не хуже 0,10 м в плане;
- периодичность определения местоположения автотранспортного средства (с частотой, обеспечивающей требуемый функционал).

5. Несовершенство искусственного интеллекта. Видеодетекция, транспортная аналитика и автоматический контроль движения

Текущие риски

- Отсутствие решений для адаптации элементов инфраструктуры к переходному периоду при одновременном движении в потоке обычных транспортных средств (с ручным управлением) и БАТС. Для реализации даже простейших сценариев необходимо, чтобы минимум 10% автопарка было оснащено беспроводными модулями, а оптимальная доля — это порядка 80%. Простые расчёты показывают, что, если человечество будет устанавливать на все без исключения новые автомобили данные системы, на достижение 10-процентного барьера уйдёт порядка двух лет. В реальности, конечно, срок будет значительно больше.
- Также ситуацию омрачают перемещающиеся по той же дороге «непродвинутые» мотоциклисты,

обладатели мопедов, конных повозок и велосипедов.

- Отсутствие надёжных решений для систем информирования БАТС о ситуации на дорожной сети. БАТС может вести себя малопредсказуемо при некоторых цветовых сочетаниях, фактически постоянно путаясь в оценке образа объекта. Скорее всего, потребуются дополнительные элементы дорожной инфраструктуры для мониторинга погодных условий, состояния дорожного покрытия и т.д.
- Отсутствие надёжных алгоритмов обработки и сопоставления информации в реальном времени. Сегодня искусственному интеллекту очень тяжело понять, какие объекты нужно анализировать, а какие отбросить. Фактически требуется распознавание объектов в режиме реального времени (не более 10 мс) на процессорах с низким потреблением энергии и точностью 99,9%.
- Высокие требования к вычислительной мощности. Современные алгоритмы обработки изображений постоянно только повышают требования к вычислительным мощностям.
- Системы принятия решений уровня ASIL D ISO 26262.

Рекомендации

Выход только один — закладывание алгоритмов видеообработки, позволяющих быть устойчивым к таким видам рисков.

6. Отсутствие отработанных конструктивных решений для развёртывания элементов цифровой дорожной инфраструктуры, необходимых для эффективного использования БАТС

Текущие риски

- Критически важным аспектом, связанным с развитием технологий автономного вождения, является способность таких ав-

тономных систем эффективно и безопасно взаимодействовать с окружающей транспортной инфраструктурой в различных дорожных ситуациях (например, взаимодействовать с различными типами пользователей, неожиданными препятствиями) вне зависимости от внешних условий (например, плохих погодных условий или плохой видимости).

- Пока можно констатировать факт, что большинство производителей ВАС в настоящее время не уделяют значительного внимания вопросу кооперативного управления ВАС. Их основные усилия направлены на разработку алгоритмов движения индивидуальных ВАС в широком спектре режимов и дорожных ситуаций, поскольку основная задача — это как можно скорее выпустить продукт, привлекательный для конечного пользователя. Увы, но в основном за счёт экономии на безопасности дорожного движения.

Рекомендации

Целесообразно применение механизмов государственно-частного партнёрства или приватизация государственных участков или объектов дорожной инфраструктуры, которые потребуют модернизации (оснащения необходимым оборудованием сервиса безопасности (автомобиль — инфраструктура)) и адаптации дорожного полотна, разметки, знаков и парковочных мест для эксплуатации транспортных средств различного уровня автономности.

Вслед за закреплением обязанности оснащать на территории Европейского союза все транспортные средства современными системами помощи водителю, такими как AEBS (правила Европейского союза 347/2012, 2015/562) и LDW

(правило Европейского союза 351/2012), ужесточение требований по безопасности закономерно потребует обеспечения возможности взаимодействия со светофорами, дорожными знаками, другими участниками движения для получения новой и дополнительной информации.

Основным направлением стимулирования развития инфраструктуры для беспилотного транспорта и интеллектуальных транспортных систем является разработка типовых моделей и выработка требований (рекомендаций) к оснащению транспортных средств и инфраструктуры информационно-телекоммуникационными средствами автомобильного и городского электрического транспорта для различных территорий, принятие соответствующих нормативных (рекомендательных) документов, в том числе по порядку и срокам оснащения.

7. Приватность.

Конфиденциальность персональных данных пользователей и кибербезопасность (хакерские атаки, компьютерные взломы и вирусы)

Текущие риски

- Фактически существует крайне слабая защита личных данных человека в современном мире. Возможность получить личные данные (легально или нелегально) почти любого человека — это реалии современного мира. ВАС постоянно фиксирует всю информацию о своих перемещениях: маршрут, время поездки, места остановок. Пока не сняты опасения, что злоумышленники могут получить данные с помощью технологий кооперативных ИТС о перемещении конкретных физических лиц (водителей).



- Не проработаны решения в части изучения влияния помех (например, нелегализованных Wi-Fi-устройств) на работу кооперативных ИТС.
- Растёт вероятность того, что соединённые с интернетом автомобили могут не только нанести ущерб пассажирам или пешеходам, но однажды могут быть массово выведены из строя.

Рекомендации

Рекомендуется использовать комплексное сочетание технологий и систем в области безопасности, в том числе базовые программные или программно-аппаратные системы защиты, шифрование данных и биометрические данные (отпечаток пальца, распознавание голоса, лица и иные), чтобы помочь физически аутентифицировать пользователей транспортных средств.

Использование множества разных сетей для подключения автомобилей к интернету позволит уменьшить количество машин, которое злоумышленники смогут вывести из строя с помощью единичного взлома. Если, скажем, не больше пяти процентов ВАТС будут объединены одной сетью или будут использовать одни и те же сетевые протоколы, то риск пробоков, парализующих весь город, будет низким. Следовательно, хакер, задумавший вызвать серьёзные проблемы, столкнётся с раздроблённой многосетевой архитектурой и будет вынужден осуществить множество одновременных взломов. Это повышает сложность атаки и делает её менее вероятной.

Следует убедиться, что ВАТС надёжно защищено от попыток радиоэлектронного подавления, перехвата управления и утечки передаваемой информации, включая персональные данные пользователей. Необходимо выполнять системное проектирование ВАТС с учётом минимизации рисков для безопасности из-за кибернетических угроз и уязвимостей ПО. Решения, касающиеся кибербезопасности, должны интегрироваться в систему управления ТС на этапах его разработки.

Рекомендуется осуществлять обеспечение кибербезопасности не только за счёт дополнительных систем защиты, но и на основе максимального исключения принципиальной возможности вмешательства (Safe by Design Concept), физической невозможности управления движением извне, например передачи дистанционного управления внешнему оператору только посредством ручного переключателя.

Отчёт о кибербезопасности на основе унифицированных стандартов должен быть одним из необходимых элементов набора документов для допуска ВАТС к эксплуатации.

Обязательным требованием является своевременное и быстрое уведомление водителей о наличии проблем с кибербезопасностью; поскольку устранение угрозы или последствий взлома зай-

мёт некоторое время, водитель или АСВ должны предпринимать корректирующие действия.

Следует контролировать жизненный цикл ПО — своевременно обновлять ПО как транспортного средства, так и взаимодействующих с ним объектов дорожно-транспортной инфраструктуры, причём вновь установленное ПО должно обладать всеми необходимыми сертификатами безопасности.

Дополнительные требования могут также включать в себя схему отчётности, в которой сообщается о возможных неисправностях ТС и потенциальных уязвимостях для кибератак, требования по борьбе с кибератаками, включая решения по их обнаружению, предотвращению и мониторингу угроз.

Следует принимать корпоративные правила кибербезопасности и охраны данных в организациях, которые имеют отношение к производству и обслуживанию подключённых и высокоавтоматизированных транспортных средств. Необходимо предоставлять соответствующие полномочия сотрудникам службы безопасности вышеуказанных организаций, чтобы предотвратить уязвимости или ошибки, прежде чем транспортное средство получит допуск к коммерческой эксплуатации.

Не следует рассматривать кибербезопасность подключённых и автоматизированных ТС по отдельным компонентам и проблемам, необходим многоуровневый подход и обеспечение системных мер защиты. Целостный подход достигается путём рассмотрения проблемы как комплекса вопросов и системных решений. ■

Литература:

1. Комплекс стандартов ГОСТ Р ИСО 26262. Дорожные транспортные средства. Функциональная безопасность.
2. Проект «Концепция обеспечения безопасности дорожного движения с участием беспилотных транспортных средств на автомобильных дорогах общего пользования».
3. Технологические барьеры НТИ // Национальная технологическая инициатива. URL: <https://nti2035.ru/technology/barriers.php> (дата обращения: 27.11.2019)
4. Шаповалов И. Военные против 5G: что потеряет Россия без нового стандарта связи // Официальный сайт Forbes. URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/374291-voennye-protiv-5g-chto-poteryaet-rossiya-bez-novogo-standarta-svyazi> (дата обращения: 27.11.2019)
5. Кашин С. Как на транспорте большие данные превратились в ценный актив // Официальный сайт газеты «Гудок». URL: https://www.gudok.ru/science_education/?ID=1463049 (дата обращения: 27.11.2019)



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



Применение ГИС Государственной компании «Автодор» для решения практических задач эксплуатации дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.8

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

Кузовлев Е.Г., начальник отдела содержания автомобильных дорог

Государственной компании «Автодор» (г. Москва)

Шамраев Л.Г., к.т.н., начальник управления диагностики ООО «Автодор-Инжиниринг» (г. Москва)

Описывается опыт применения геоинформационной системы для решения практических задач эксплуатации автомобильных дорог Государственной компании «Автодор». Приводятся основные функциональные возможности и примеры использования ГИС IndorRoad для ввода, учёта и анализа данных.



Введение

Современный уровень развития информационных технологий позволяет применять высокопроизводительные методы инженерных изысканий с использованием воздушной аэрофотосъёмки с беспилотных летательных аппаратов (рис. 1), наземного и воздушного лазерного сканирования, цифровых моделей местности; создавать библиотеки типовых компонентов (конструкций дорожных одежд, элементов инженерного и сервисного обустройства, элементов инженерных коммуникаций и интеллектуальных транспортных систем и др.) информационных моделей автомобильных дорог с широким интернет-доступом к этим библиотекам всех участников дорожной деятельности [1, 2, 3]. Кроме того, использование данных ГИС при проведении инженерных изысканий (геодезических, геологических, гидрометеорологических) позволит повысить достоверность объёмов, полноту и качество изысканий, сократить издержки на стадии реализации проектных решений, а также реализовать следующие преимущества:

- создание унифицированного подхода к разработке программ выполнения изысканий;
- планомерное развитие и обеспечение сохранности ведомственной опорной геодезической сети [4], создание единого координатного и высотного пространства всей дорожной сети страны;
- повышение качества и точности инженерно-геодезических изысканий;
- оперативное взаимодействие в части передачи опорной геодезической сети подрядным организациям для производства строительно-монтажных работ, что позволит избежать срыва сроков на начальном этапе строительства;
- взаимодействие всех участников проекта в единой информационной среде ГИС, содержащей достоверные исходные данные и документацию по объекту, предоставляющей доступ к актуальным данным о проектных решениях и фактическом состоянии инженерного сооружения, материалам и результатам строительного контроля;
- кратчайшие сроки выполнения работ, персональная ответственность



Рис. 1. Пример аэрофотосъёмки участка автомобильной дороги М-4 «Дон»

за качество инженерных изысканий и лабораторных испытаний.

Основные функции ГИС

Геоинформационная система автомобильных дорог IndorRoad [5] предназначена для учёта и паспортизации, управления эксплуатацией и сопровождения всего жизненного цикла автомобильных дорог. Использование аналитических возможностей ГИС возможно только после качественного и полноценного наполнения исходными данными. В случае с автомобильными дорогами речь идёт о создании подробной, точной модели дороги, включающей проезжую часть, земляное полотно, искусственные сооружения, средства организации движения, земельные участки, пункты сервисно-

го обслуживания, а также придорожную полосу.

Приведём несколько примеров использования данных ГИС на стадии эксплуатации автомобильных дорог Государственной компании.

- Формирование разнообразной отчётной документации, требуемой в рамках эксплуатации автомобильных дорог:
 - отчёты по паспортизации (рис. 2), а также дополнительные отчёты о наличии и текущем состоянии дорожных объектов;
 - инвентарные отчёты, позволяющие получить информацию о характеристиках места прохождения автомобильной дороги, краткую характеристику дорожных сооружений; дополнительно

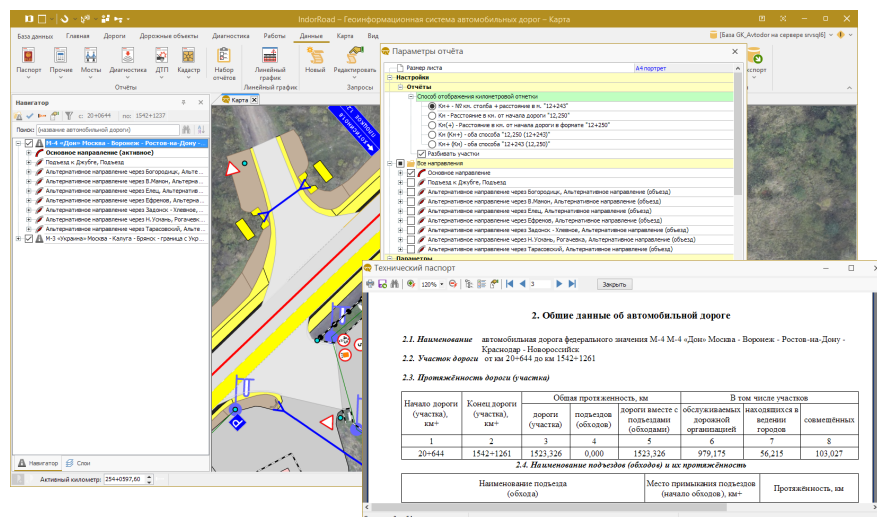


Рис. 2. Пример формирования паспорта объекта

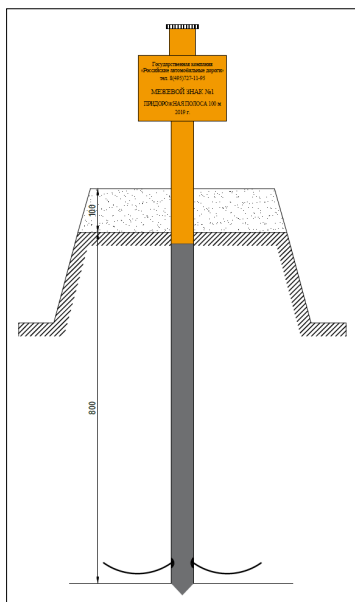
Таблица 1. Характеристика объекта «Земельный участок»

Показатель характеристики объекта	Значение показателя
Площадь участка, м2	7800,00
Кадастровый номер	23:05:0302044:1
Расположение	Край Краснодарский, р-н Выселковский, южнее ст-ца Березанская, на автомагистрали «Дон 1247+980 м», справа
Категория земель	Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны
Дата внесения в ЕГРН	28.12.2001
Координаты	45,708057; 39,617058

можно сформировать ведомость с перечнем автомобильных дорог, ведомость по учёту балансовой стоимости автомобильных дорог в базе данных, а также концессионную отчётность в форме ведомости сооружений и оборудования повышения безопасности дорожного движения или ведомости объектов дорожного сервиса;

- отчёты по диагностике и оценке технического состояния участков автомобильных дорог в соответствии с ОДН 218.4.039–2018;
- отчёты по ДТП — список отчётов по карточкам дорожно-транспортных происшествий и участков их концентрации (по методикам расчёта ОДМ 218.4.005–2010 и ОДМ 218.6.015–2015);
- описание местоположения земельного участка — содержит отчёт с описанием местоположения выделенного земельного участка в соответствии с выбранной системой координат: WGS 84 (местоположение в географических координатах) или локальная проекция (местоположение в метрах).

Рис. 3. Межевой знак для закрепления характерных точек границ земельных участков полосы отвода



- Актуализация сведений о придорожной полосе с обозначением границы придорожной полосы информационными щитами (указателями), устанавливаемыми на межевых знаках (рис. 3), и внесение данных по земельным участкам полосы отвода и смежным с ними, включая:
 - геометрию в электронном виде в системе координат МСК;
 - сканы выписок из ЕГРП и ГКН;
 - сканы прочих документов на земельные участки.

После выполнения кадастровых работ в придорожной полосе автомобильной дороги по изменению, уточнению или постановке на учёт земельных участков, а также при получении новых сведений о земельных участках из Единого государственного реестра недвижимости актуализируется информация в следующих разделах дорожных объектов: «Земельные участки», «Придорожные полосы» (табл. 1, рис. 4).

- Внесение и актуализация данных объектов сервиса. Например, на км 1247+916 автомобильной дороги М-4 «Дон» расположена многофункциональная зона дорожного сервиса (МФЗ) площадью 3386,13 м², в состав которой входит АЗС «Газпром» (рис. 5). В ГИС вносятся следующие характеристики МФЗ (табл. 2).
- Отслеживание гарантийных обязательств, действующих на автомобильную дорогу; назначение и отслеживание гарантийных сроков на выполненные работы. Анализ осуществляется в специальной сводной таблице, где могут быть отображены гарантийные сроки на несколько автомобильных дорог, на одну дорогу или только на выбранный участок дороги (рис. 6). Система IndorRoad позволяет отслеживать гарантийные обязательства, возникшие в результате строительства, ремонта или реконструкции автомобильной дороги [6].

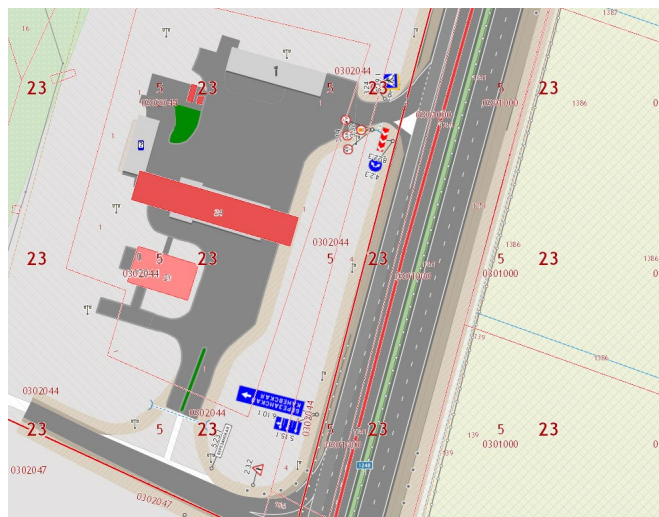


Рис. 4. Актуализированные объекты придорожной полосы и земельных участков

Таблица 2. Характеристика объекта «МФЗ»

Местоположение на дороге	
Автомобильная дорога	М-4 «Дон»
Направление	Основное направление
Ось	Основная трасса — прямое направление
Местоположение, км	1248,685
Местоположение, км+	1247+916
Расположение	Справа
АЗС	
Наименование	АЗС «Газпром»
Тип АЗС	Автомобильные заправочные станции
Число колонок	4
Номер телефона	+7 (861) 253-20-53
Часы работы	Круглосуточно
Организация-владелец	ООО «ГЭС Розница»
Площадь, м2	343,17
Расстояние от кромки, м	51,63

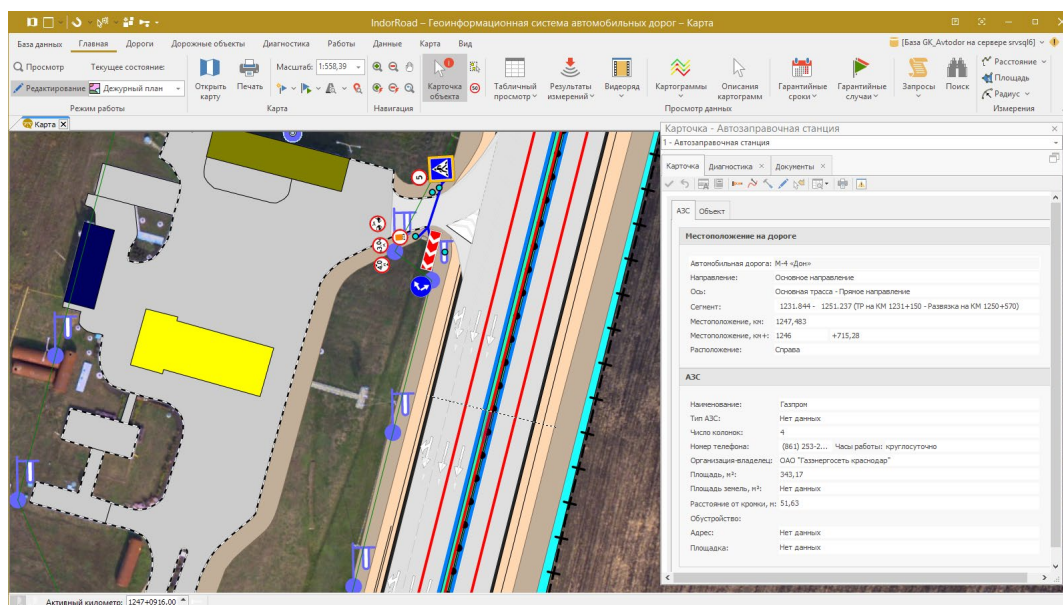


Рис. 5. Схема расположения МФЗ на км 1247+916 автомобильной дороги М-4 «Дон»

Тип	Объект	Элемент	2019	2020
Барьерные ограждения	Все на участке с 1442,59 км по 1460,45 км	31.12.2014		
	Все на участке с 1445,49 км по 1446,09 км	31.12.2014	31.10.2019	
	Все на участке с 295,50 км по 321,20 км	08.10.2019		
	Все на участке с 355,00 км по 414,70 км	08.10.2019		
	Все на участке с 391,35 км по 401,00 км	15.09.2019		
	Все на участке с 492,70 км по 517,00 км	20.11.2014	20.11.2019	
	Все на участке с 469,56 км по 674,20 км	20.12.2014		
	Все на участке с 696,00 км по 712,00 км	20.09.2008	29.12.2019	
	Все на участке с 833,58 км по 846,08 км	16.06.2009		
	Все на участке с 860,00 км по 865,00 км	20.11.2009		
Водотводные сооружения	Все на участке с 1442,59 км по 1460,45 км	31.12.2014		
	Все на участке с 1445,49 км по 1446,09 км	31.12.2014	31.10.2019	
	Все на участке с 220,58 км по 255,33 км	14.08.2013		
	Все на участке с 292,68 км по 317,53 км	14.08.2013		
	Все на участке с 329,00 км по 329,00 км	27.12.2013		
	Все на участке с 355,00 км по 355,00 км	29.05.2014		
	Все на участке с 380,00 км по 380,00 км	29.05.2014		
	Все на участке с 401,00 км по 401,00 км	29.05.2014		
	Все на участке с 435,00 км по 415,00 км	29.05.2014		
	Все на участке с 460,00 км по 460,00 км	29.05.2014		

Рис. 6. Гарантийные сроки по автомобильной дороге М-4 «Дон»

Внесение данных в ГИС

При создании ГИС закладываются пункты ведомственной опорной геодезической сети, которые располагаются преимущественно на искусственных сооружениях и являются частью инфраструктуры. Использовать

ведомственную опорную геодезическую сеть могут геодезисты, системы автоматизированного управления дорожно-строительной техникой, беспилотные транспортные средства для более точного позиционирования на дороге (взаимодействие с постоян-

но установленными антеннами GPS (Global Positioning System) в режиме дифференциальной коррекции DGPS (Differential GPS)). Государственной компанией сформирована ведомственная опорная геодезическая сеть протяжённостью 571,4 км, и плани-

Таблица 3. Ведомость выборочного контроля качества горизонтальной дорожной разметки, выполненной красками (эмалими) на автомобильной дороге М-4 «Дон» в Воронежской области

Дата	Адрес проведения контроля, км+, прямое/ обратное направление	Категория объекта	Тип линий разметки по ГОСТ Р 51256-2018	Среднее значение удельного коэффициента световозвращения RL, мкд·лк ⁻¹ ·м ⁻²		Среднее значение удельного коэффициента светотражения при диффузном освещении Qd, мкд·лк ⁻¹ ·м ⁻²		Среднее значение коэффициента яркости bv, %	
				Соответствие требованиям ГОСТ Р 52289-2004					
				Соотв.	Не соотв.	Соотв.	Не соотв.	Соотв.	Не соотв.
14.06.2019	Тр. развязка, км 740, съезд в о/н	II	1.13	156		184		52	
			1.14.1	150		182		50	
			1.18	165		198		59	
14.06.2019	Тр. развязка, км 727, съезд в о/н	I	1.16.2	266		168		43	
			1.16.2	210		214		60	
14.06.2019	628+750 пр/н	I	1.2 л	231		230		62	
14.06.2019	621+500 пр/н	I	1.2 л	238		239		64	
14.06.2019	612+500 пр/н	I	1.2 л	245		203		60	
14.06.2019	594+100 пр/н	I	1.2 л	207		200		60	
14.06.2019	587+100 пр/н	I	1.2 л	228		202		60	
14.06.2019	544+100 пр/н	I	1.2 пр	244		236		63	
			1.2 л	288		227		62	
14.06.2019	544+100 о/н	I	1.2 пр	301		248		63	
			1.2 л	226		215		61	
14.06.2019	537+400 пр/н	I	1.2 пр	305		242		64	
			1.2 л	280		229		63	
14.06.2019	537+400 о/н	I	1.2 пр	202		218		62	
			1.2 л	291		232		63	
14.06.2019	531+000 пр/н	I	1.2 пр	311		233		63	
			1.2 л	204		201		60	
14.06.2019	531+000 о/н	I	1.2 пр	221		241		63	
			1.2 л	205		207		61	
14.06.2019	528+300 пр/н	I	1.2 пр	272		247		64	
			1.2 л	213		181		50	
14.06.2019	528+300 о/н	I	1.2 пр	268		203		60	
			1.2 л	211		225		62	
14.06.2019	518+900 пр/н	I	1.2 пр	233		182		51	
			1.2 л	217		206		60	
14.06.2019	518+900 о/н	I	1.2 л	237		189		53	
14.06.2019	Тр. развязка, км 624, съезд в пр/н на Липовку	II	1.2 пр	239		221		62	
			1.1 пр	211		235		63	
			1.1 л	282		238		63	
			1.2 л	294		240		63	
14.06.2019	Тр. развязка, км 602, съезд в о/н на сан. им. Цюрупы	II	1.2 пр	251		178		47	
			1.7 ось	152		161		41	
			1.7 л	261		198		59	
			1.2 л	237		204		59	

Неотъемлемой частью процесса эксплуатации автомобильной дороги являются работы по актуализации имеющихся и вводу новых сведений о дороге.

руется увеличить её протяжённость до 1616,7 км к 2020 году.

Неотъемлемой частью процесса эксплуатации автомобильной дороги являются работы по актуализации имеющихся и вводу новых сведений о дороге. Выделим основные виды работ по вводу данных.

- Внесение данных по диагностике автомобильных дорог, включая показатели продольной ровности IRI, колеиности, сцепления, прочности, дефектов покрытия, ГЛОНАСС/GPS-треки измерений [7].
- Внесение данных по эксплуатационному состоянию горизонтальной дорожной разметки. В частности, на основе этих данных обновляется информация по объектам типа «Инженерное обустройство». Ведомость внесённых данных приведена в таблице 3.
- Внесение и актуализация данных о проводимых работах по ремонту, капитальному ремонту, реконструкции, строительству, комплексному обустройству, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (рис. 7).
- Внесение в ГИС сведений о материалах слоёв дорожных конструкций и их характеристиках, о расчётных параметрах дорожных конструкций.
- Внесение параметров транспортного потока, включающих информацию об интенсивности движения транспортных средств на участках автомобильных дорог с учётом категории

транспортных средств; добавление данных по дорожно-транспортным происшествиям; сбор и хранение данных об участках мест концентрации ДТП [8].

- Внесение данных по выданным заказчиком техническим требованиям и условиям на прокладку, перенос или переустройство инженерных коммуникаций, их эксплуатацию, присоединение объектов дорожного сервиса.
- Актуализация слоёв конструктивных элементов на основе данных проектов ремонтов, капитальных ремонтов, реконструкций, строительства и комплексного обустройства автомобильной дороги, рабочей и исполнительной документации, а также на основе данных панорамной фотосъёмки.

Предоставление доступа к данным ГИС с использованием веб-технологий

Актуальной на сегодняшний день задачей является создание на базе веб-технологий простого инструмента для выполнения наиболее часто востребованных операций с данными ГИС, таких как просмотр карты, поиск объектов, просмотр паспортной информации по объектам [9, 10, 11]. Специально для решения этой задачи развёрнут и запущен в пилотную эксплуатацию геопортал ГИС ГК «Автодор», благодаря которому пользователи имеют доступ к данным ГИС со стационарных компьютеров, ноутбуков, планшетных ком-

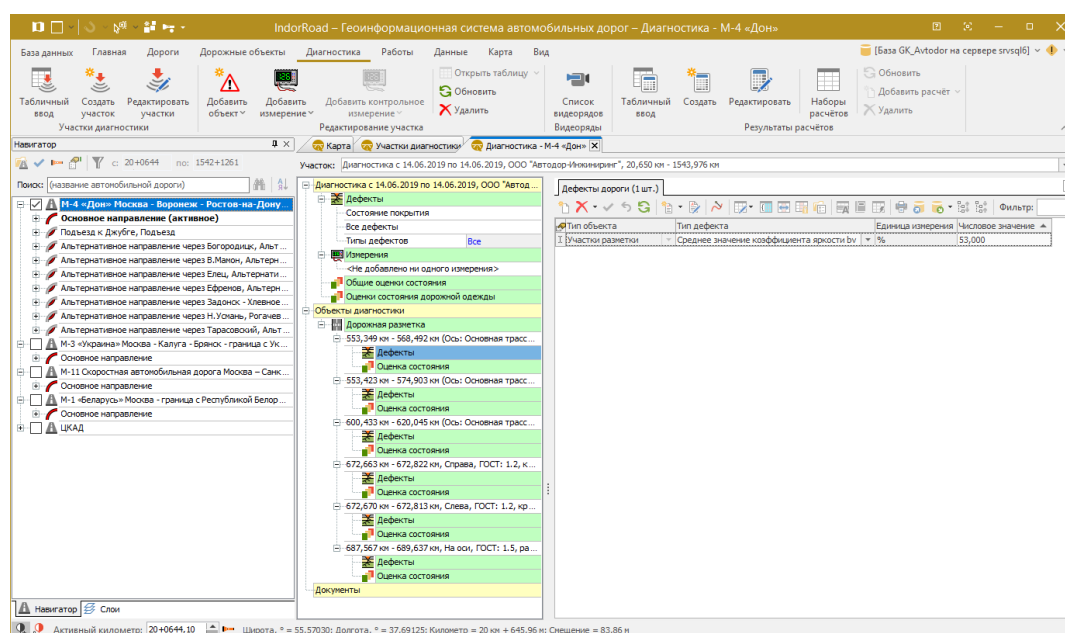


Рис. 7. Актуализированные данные диагностики в ГИС IndorRoad по автомобильной дороге М-4 «Дон»

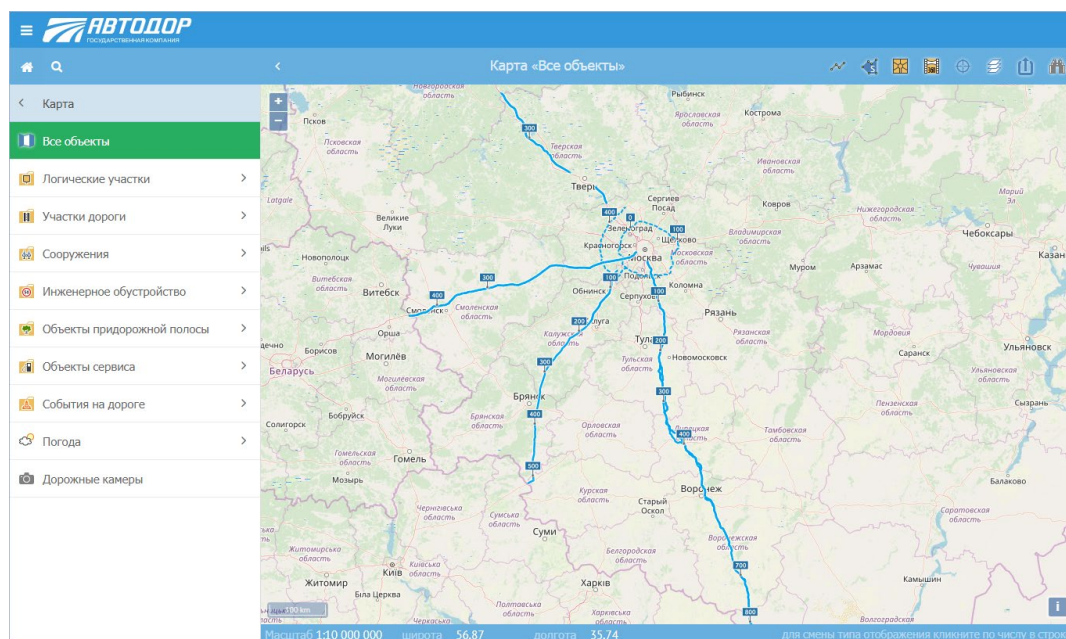


Рис. 8. Сеть автомобильных дорог ГК «Автодор», отображаемая средствами геопортала

пьютеров или мобильных устройств из любой точки, где есть доступ в интернет (при наличии логина и пароля) (рис. 8).

Помимо функций предоставления данных и просмотра, геоportal ГК «Автодор» реализует механизмы интеграции с другими системами [12]:

- данные публичной кадастровой карты Росреестра загружаются с помощью механизма WMS (Web Map Service) — протокола для выдачи географически привязанных изображений через интернет (рис. 9);
- данные с дорожных видеокамер доступны в ГИС в режиме реального времени либо в виде архива изображений с меткой времени (в зависимости от реализации протокола предоставления данных видеокамерой);
- данные с дорожных метеостанций обрабатываются, и в качестве результата пользователи автомобильных дорог могут получать метеопрогнозы на каждый час ближайших суток, благодаря чему водители могут детально спланировать поездку и подготовить автомобили к дальней дороге, обслуживающие организации — более оперативно принять меры в случае чрезвычайных погодных условий;
- обеспечивается полноценная работа с базой данных ГИС для сотрудников центрального аппарата, филиалов и дочерних компаний на рабочих местах (180 пользователей).

Вызывает несомненный интерес и перспективный вариант использования данных ГИС посредством веб-среды общих данных (геопортала) — это предоставление трёхмерных карт субдециметровой точности (не менее 10 см) для беспилотных транспортных средств. Многие автопроизводители сегодня ведут разработки

в области роботизации и компьютерного зрения автомобилей; Государственная компания «Российские автомобильные дороги», в свою очередь, готовит инфраструктуру к взаимодействию с такими транспортными средствами, реализуя подход V2I (Vehicle to Infrastructure — автомобиль к инфраструктуре), и ГИС автомобильных дорог должна стать частью данной инфраструктуры [13].

Заключение

Таким образом, ГИС — это не только постоянно обновляющаяся база дорожных данных, развёрнутая на серверах, но и мощный программный комплекс с целым спектром аналитических функций, представленный приложением для установки на компьютерах инженеров-дорожников и мобильным приложением. Отметим новые направления развития ГИС ГК «Автодор», которые стартовали в 2019 году:

- запуск технологии «одного окна» для подключения новых пользователей к базе данных ГИС и геопорталу;
- автоматизация создания опросных листов по востребованности функционала ГИС и сбор ответов в удобном интерфейсе;
- разработка и актуализация ПОДД на основе ГИС с применением системы IndorTrafficPlan [14] («ИндорСофт», г. Томск);
- внесение информации по гололёдоопасным участкам и наличие автоматизированных систем обеспечения противогололёдной обработки.

При создании ГИС закладываются пункты ведомственной опорной геодезической сети, которые располагаются преимущественно на искусственных сооружениях и являются частью

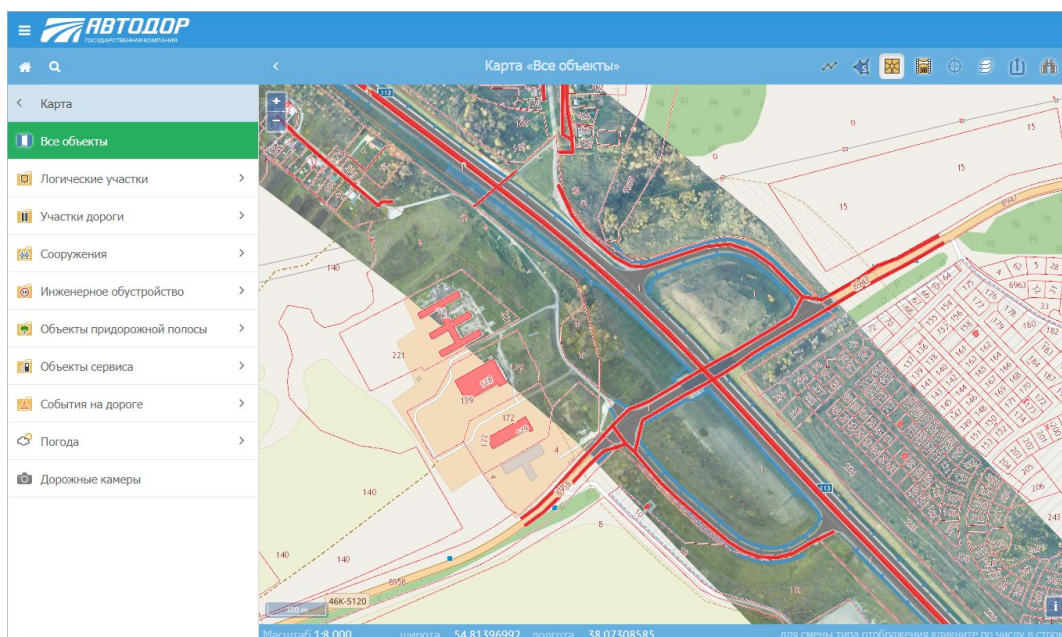



Рис. 9. Кадастровые данные от Росреестра в геопортале ГК «Автодор»

инфраструктуры. Использовать ведомственную опорную геодезическую сеть могут геодезисты, системы автоматизированного управления дорожно-строительной техникой, беспилотные транспортные средства для более точного позиционирования на дороге (взаимодействие с постоянно установленными антеннами GPS в режиме дифференциальной коррекции DGPS).

Государственной компанией сформирована ведомственная опорная геодезическая сеть протяжённостью 571,4 км, и планируется увеличить её протяжённость до 1616,7 км к 2020 году. ■

Литература:

1. Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. VI / А.В. Скворцов [и др.]. М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОП», 2006. 372 с.
2. Бойков В.Н., Кузовлев Е.Г., Баранник С.В. ГИС автомобильных дорог в контексте парадигмы информационного моделирования (BIM) // Дорожники. 2017. № 3 (11). С. 66–69.
3. Шамраева В.В., Кузовлев Е.Г., Баранник С.В. Реализация геоинформационных систем в дорожной области как одного из направлений информационного моделирования // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2018. № 6 (168). С. 20–26. DOI: 10.14489/vkit.2018.06.pp.020-026
4. 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
5. 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
6. Скачкова А.С., Кривых И.В., Субботин С.А. Учёт гарантийных обязательств на выполненные работы в ГИС IndorRoad // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 115–119. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.19
7. 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
8. 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
9. Дмитриенко В.Е., Скворцов А.В. Геопортал автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 42–46. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.9
10. Дмитриенко В.Е. Геопорталы дорожных организаций в контексте мирового опыта // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 136–145. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.20
11. Гумеров Д.И., Лигоцкий А.Н. Геопортал как элемент технологии информационного моделирования и корпоративной системы управления проектами // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2017. № 1(8). С. 66–72. DOI: 10.17273/CADGIS.2017.1.9
12. Дмитриенко В.Е. Геопортал автомобильных дорог ГК «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2019. № 1(12). С. 32–38. DOI: 10.17273/CADGIS.2019.1.6
13. Евстигнеев И.А. Дорожная инфраструктура и высокоавтоматизированные транспортные средства // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2019. № 2(13). С. 44–50. DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.7
14. 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

A portrait of an older man with white hair and a mustache, wearing a dark suit, white shirt, and a striped tie. He is standing in front of a white wall with a green horizontal bar at the top. In the bottom left corner, there are some stone or concrete samples.

Дорога по наследству

Персона:
Васильев
Юрий Эммануилович

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.9

Персона: Васильев Ю.Э., д.т.н., доцент, зав. кафедрой дорожно-строительных материалов МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)

Интервьюировал: Бойков В.Н., д.т.н., зав. кафедрой геодезии и геоинформатики МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)

Имя профессора, доктора технических наук, заведующего кафедрой дорожно-строительных материалов МАДИ Васильева Юрия Эммануиловича известно не только среди российских дорожников. За короткий промежуток времени, что я пытался взять у него интервью, он был то во Вьетнаме, то в Китае, то во Владивостоке на Восточном экономическом форуме. И даже когда мы с ним беседовали на кафедре по теме данной публикации, он неоднократно отвлекался то на киргизских коллег, договаривающихся с ним встретиться хотя бы завтра, то на коллег со смежных кафедр, которым его совет нужен был ну очень срочно. И всё же интервью состоялось.

— Юрий Эммануилович, выбор будущей профессии, наверное, первый ответственный шаг, который делает человек после окончания школы. А как он тебе дался?

— Да никак. Мой выбор был предопределён. Отец в то время был главным инженером треста «Мосасфальтстрой» — крупнейшей дорожно-строительной организации Москвы. Поэтому слово «асфальтобетон» от отца я впитывал, можно сказать, «с молоком матери». Вариантов никаких не было, да и не могло быть, и я поступил в МАДИ на дорожно-строительный факультет.

— Зная тебя как непоседу, не думаю, что ты просто ходил на занятия и выполнял домашние задания. Наверняка уже тогда какие-то устремления к тайнам дорожной науки у тебя были. Тогда, как я помню, это движение называлось НИРС — научно-исследовательская работа студентов.

— Точно. Но я не только проводил кучу времени в лаборатории, но и в факультетском комсомольском бюро отвечал именно за НИРС. Каждую весну мы организовывали Недели студенческой науки, каждый год участвовали в организации всесоюзных конкурсов студенческих научных работ. Безусловно, всё это мотивировало на получение новых и новых знаний.

— А кто направлял твои научные устремления в студенчестве?

— А мы как-то свободно общались со всеми преподавателями кафедры ДСМ. И это очень помогало накоплению разносторонних знаний и умений. Но кто непосредственно мне уделял время и внимание, так это Финашин Виктор

Николаевич и Котлярский Эдуард Владимирович, ныне доктор технических наук, профессор нашей кафедры.

А вот когда я уже подходил к финишной прямой на 5-м курсе, меня ждал большой «сюрприз». Наш заведующий кафедрой, лауреат Государственной премии, заслуженный деятель науки и техники, доктор технических наук профессор Сергей Владимирович Шестопёров не зачёл мой реферат и пригласил меня на собеседование. Захожу в кабинет. Сергей Владимирович говорит мне: «Я прочитал ваш реферат и должен сказать — в нём присутствует асфальтобетонный “душок”. Мы планируем вас оставить на кафедре. Имейте в виду, будете заниматься цементобетоном, так что “душок” искореним. Вашу зачётку».

И я не жалею, что занимался цементобетоном. Школа, которую я прошёл у профессора С.В. Шестопёрова, а впоследствии у профессора Л.А. Феднера, ни с чем не сравнится! Теперь мне более понятен весь спектр достоинств и недостатков всех видов бетонов, будь они на основе органических или минеральных вяжущих.

— Второй по значимости шаг в жизни любого человека — это выбор спутника жизни, супруги. Как ты его делал, этот шаг?

— Моя будущая супруга, когда мы познакомились, была студенткой 3-го московского медицинского института. А я был студентом 4-го курса. Через 3 года, в 80-м, мы поженились.

— Но говорят, что после этого могут быть дети. А как у вас?

— У нас так же, как у всех. Вначале родилась дочь Аня. Она хорошо окончила школу. По ито-

гам олимпиады она получила право поступления без конкурса в институт, и её выбор был — МАДИ... экономика.

Скажу честно, мне не очень понравился её выбор, но это было её решение. В последний день приёма документов встречаю её в институте и слышу, что пришла забрать документы. Спрашиваю: «Что дальше, куда же ты пойдёшь?» Отвечает: «Как куда? На дорожно-строительный факультет!» Для меня это был и сюрприз, и подарок. Через 5 лет она окончила институт с красным дипломом.

— Нетрудно представить, что сегодня она активно участвует в под-
нятии престижа дорожной отрасли
всё выше и выше, как поётся в из-
вестном советском марше.

— А вот и нет. Хорошо ли, плохо ли, но дочь ни дня не работала по специальности. Но я ею горжусь. Она родила нам 5 внуков! Вместе с мужем они приобрели участок на границе Московской и Тульской областей, своими руками выстроили дом, завели живность и ведут здоровый образ жизни. Воспитывают детей.

— Сейчас вполне было бы уместно спросить о твоём сыне, но оставим этот вопрос на завершение разговора. Вернёмся к цементобетонам, с чего, собственно, и началась твоя научная карьера. Я хочу адресовать тебе вопрос члена общественного совета ФДА «Росавтодор» Бодренкова В.А., который последовательно и обоснованно продвигает идею повышения роли цементобетонных покрытий на дорогах России: «Юрий Эммануилович, каковы перспективы цементобетонных покрытий на российской сети автомобильных дорог?»

— Я, безусловно, как «бывший» бетонщик всемерно поддерживаю строительство дорог с цементобетонным покрытием. Однако следует констатировать, что цементобетон требует значительно большей культуры производства. Любые отклонения в процессе приготовления бетонной смеси, её транспортирования, укладки и твердения способны привести к преждевременному разрушению материала. А вот если всё сделано правильно, цементобетонные покрытия обеспечат надёжную и долговечную работу дорожного объекта!



Не умаляя достоинств ни цементобетона, ни асфальтобетона, следует сказать ещё об одном виде недооценённого композиционного материала на основе модифицированной серы (сероасфальтобетона и серобетона).

В отличие от портландцемента, который слёживается, корродирует, требует специальных условий для хранения и транспортирования, а также 28 суток для формирования в оптимальных температурно-влажностных условиях, модифицированная сера может храниться на открытом воздухе, не подвержена коррозии и не требует специальной техники для транспортировки. При этом необходимые прочностные характеристики серобетона достигаются за несколько часов, по мере его остывания. Считаю, что серобетон — это реальная панацея при ликвидации бездорожья, особенно в удалённых районах Севера, Сибири и Дальнего востока. МАДИ занимается этой темой с начала нулевых годов. На сегодня мы — постоянные участники конференций по Арктике, заключён долгосрочный договор с правительством Республики Саха (Якутия) и ряд других перспективных договоров.

— А как решается вопрос с охраной окружающей среды при применении серы?

— И здесь опять на первый план выходит культура производства. Если соблюдать температурный режим и исключить перегрев выше 160 градусов при производстве сероасфальтобетона или серобетона, модифицированная сера безопасна.

— А откуда мы будем брать серу для серобетона?

— Потенциально существует по крайней мере четыре источника получения серы. Это природная сера, сера после газоочистки и сера после нефтепереработки на НПЗ. Один только московский НПЗ в качестве отхода имеет до 60 000 тонн серы в год. И наконец, металлургия. К примеру, и это даже трудно представить, норильский горно-металлургический комбинат за год выпускает в атмосферу 2 миллиона тонн диоксида серы. Всё это можно перерабатывать в техническую серу и укладывать в дорогу. И такие мероприятия в Норильске уже планируются. Имеется информация, что «Норникель» в процессе очистки отходящих газов будет получать ежегодно 280 тысяч тонн технической серы.

— Мне это напоминает шутку Михаила Жванецкого: «Наша обувная фабрика выпускает столько обуви, что её хватило бы жителям Бельгии, Дании и Голландии вместе взятых, если бы те согласились её носить».

— Намёк понимаю, но с учётом того, что сероасфальтобетон и серобетон обладают параметрами свойств, существенно превышающими свойства традиционных материалов, обеспечивают энергоэффективность и экологическую чистоту, с учётом того, что эти материалы успешно применяются в США, Канаде, Японии и других странах, уверен, что в ближайшее время широко будем использовать эти материалы! Предлагаю вернуться к этому вопросу через несколько лет, чтобы выяснить, был ли я прав.

— Ну, если уж мы рассматриваем перспективы всех видов бетонов

в покрытии дорог, то вернёмся к традиционному асфальтобетону. Сейчас стало актуально и даже модно говорить об американской методологии проектирования составов асфальтобетонных смесей Superpave. Каковы перспективы её в условиях нашей страны?

— С одной стороны, с позиции научной обоснованности этой методологии нет никаких вопросов. Это значительное научное достижение. С другой стороны, методология Superpave разработана для климатических условий США. А вся территория США (кроме Аляски) находится южнее нашего «северного» города Сочи. Совершенно разные условия. Далее. В США метод получения битума — это метод компаундирования тяжёлого нефтяного остатка, в России получение битума основано на методе окисления, отсюда большая разница в свойствах битума у них и у нас. А методология Superpave очень сильно привязана к свойствам битума. Так что с теоретической точки зрения методология Superpave весьма полезна, но требует серьёзной адаптации к нашим условиям, поэтому бездумно переносить её с американской на российскую почву никак нельзя. И ещё один вопрос: мы переняли всё, что касается проектирования состава асфальтобетонных смесей, методы испытания, приборное оснащение, но забыли один основной аспект — разработанную систему менеджмента качества, которая гарантирует получение достоверной информации в ходе производства асфальтобетонных смесей. В США в обязательном порядке отбираются и хранятся контрольные пробы, организуются межлабораторные сравнительные испытания, в обязательном порядке практикуется построение контрольных карт и др. Без внедрения всех указанных процедур методология Superpave полноценно работать не будет!

— Юрий Эммануилович, ты работаешь и достигаешь результатов во многих сферах дорожной деятельности. Давай поговорим о диагностике дорог и диагностических до-



рожных лабораториях, применение которых даёт объективные данные о состоянии эксплуатируемых дорог, что позволяет дорожникам назначать обоснованные мероприятия по содержанию и ремонту дорог, а также мероприятия по повышению безопасности движения. В нашем журнале мы часто поднимаем вопросы диагностики дорог. Как вы пришли к необходимости создания собственной дорожной лаборатории — автоматизированного дорожного сканера «АДС-МАДИ»?

— В девяностые годы мы осуществляли строительный надзор за реконструкцией МКАД. Часто выезжали на объекты, фиксировали нарушения, дефекты работ и докладывали заказчику. Но это был зачастую недостаточно объективный контроль, который часто оспаривался подрядчиком. Тогда мы перешли на фото- и видеофиксацию. Стало легче, но было не очень эффективно.

Так мы пришли к пониманию дорожной диагностической лаборатории, измеряющей многие параметры дороги и оснащённой видеокомпьютерной системой сканирования, обеспечивающей проведение работ в тёмное время суток. В этом её большое отличие от других отечественных и зарубежных дорожных лабораторий.



Дорожная лаборатория «АДС-МАДИ» модификации 2007 года



Дорожная лаборатория «АДС-МАДИ» модификации 2018 года

В 2007 году мы изготовили по заданию Москвы и, можно сказать, непосредственно Ю.М. Лужкова 10 автоматизированных дорожных сканеров, получивших наименование «АДС-МАДИ». Эти лаборатории уже более 10 лет каждую ночь «обходят дозором» объекты улично-дорожной сети Москвы, осуществляя мониторинг их транспортно-эксплуатационного состояния. В 2018 году были созданы ещё 3 лаборатории, которые вобрали в себя последние достижения.

Сегодня мы понимаем, что лаборатории должны оснащаться по модульному принципу, что позволяет оперативно модернизировать лаборатории.

Есть ещё один важный аспект: любые данные с диагностических лабораторий формируют соответствующие базы данных, с которыми надо работать по специализированным методикам, реализованным в виде специализированных компьютерных систем. В первую очередь мы опираемся на собственные программные средства, но и взаимодействуем с АБДД «Дорога» и ГИС IndorRoad.

— Можно ли считать, что ваша диагностическая лаборатория «АДС-МАДИ» является специализированной именно для улично-дорожной сети городов?

— Нет, на протяжении ряда лет наши дорожные лаборатории были задействованы в работах по диагностике федеральной сети автомобильных дорог, выполняемых по заказу «Росавтодора».

— Вернёмся к МАДИ. Мы вспоминали, как ты, будучи студентом, занимался НИРС. Практически всегда это была работа на общественных началах. Но времена меняются. Сейчас эта деятельность осуществляется в рамках студенческих научных обществ (СНО). В то же время в СНО, не подкреплённых материальной составляющей, часто конечный результат не достигается. И как компромисс, мне кажется, очень правильным было решение о создании при вузах малых инновационных предприятий (МИПов).

— Совершенно верно. При МАДИ осуществляется деятельность 13 МИПов, 6 из которых созданы при нашей кафедре. В МИПах действительно ведётся большая инновационная и научная деятельность с широким участием студентов, при этом подкреплённая реальным материальным стимулом. За этой формой привлечения студентов к научной и инженерной деятельности, я думаю, большое будущее.

— В этом году дорожно-строительному факультету исполнилось 90 лет, а в следующем году (2020-м) уже МАДИ будет отмечать свой 90-летний юбилей. Каково, по твоему мнению, будущее у факультета и университета?

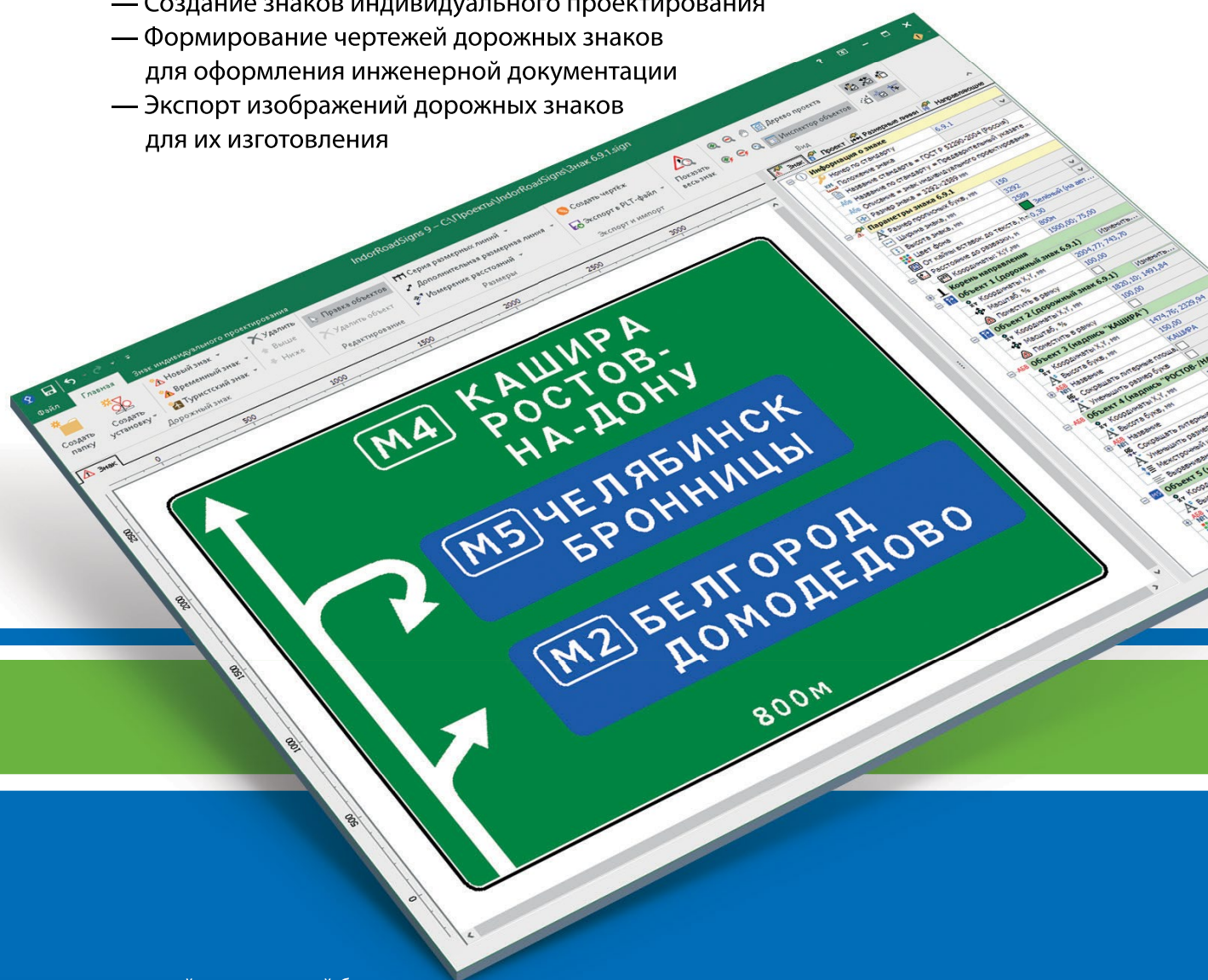
— Я оптимист, и думаю только о светлом будущем. При постоянном росте уровня автомобилизации населения в стране по-прежнему не хватает качественных автомобильных дорог и автомагистралей, которые могут проектироваться, строиться и эксплуатироваться исключительно с привлечением высококвалифицированных специалистов, подготовкой которых и занимается дорожно-строительный факультет МАДИ.

Интервью подходило к завершению, когда в аудиторию заглянул сын Юрия Эммануиловича — Алексей, и тут же, увидев занятость отца, ушёл. Я его, студента 4-го курса ДСФ, часто вижу в лабораториях кафедры, в коридорах университета, увлечённо разговаривающего со своими друзьями или преподавателями. Он, как и его отец, такой же лёгкий, приветливый, стремительный. Подумалось, как хорошо, когда, получив в своё время, есть кому передать дорогу по наследству. ■



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 Р 52290–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования»
- ГОСТ Р 58398–2019 «Экспериментальные технические средства организации дорожного движения. Типоразмеры дорожных знаков. Виды и правила применения дополнительных дорожных знаков. Общие положения»
- ГОСТ 32945–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Знаки дорожные. 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.



DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.10

Вировец С.В., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Сегодня Россию невозможно представить без Сибири — огромного региона, на освоение которого ушло без малого четыре столетия. Важнейшую роль в экономическом развитии и формировании особенной культуры Сибирского края сыграла магистраль, когда-то соединявшая Центральную Россию и Сибирь, — Московско-Сибирский тракт. В данной статье рассказывается история строительства некогда самой протяжённой в мире дороги.

История появления

Московско-Сибирский тракт начинался с малого — почтового сухопутного пути, соединявшего Тару и Томск, а также Тару и Нарым в XVII веке. Этим путём пользовались гонцы для доставки грамот в сибирские города и остроги. Во второй половине века дорогу продлили до Красноярска, а затем и до Енисейска. Эти сообщения определили направление будущего Московско-Сибирского тракта.

Однако первые работы по обустройству дороги были проведены только в 1720 году, когда Пётр I (рис. 1) велел наладить еженедельную казённую почту между главными городами империи и столицей (позже, по причине отдалённости региона, для Сибири утвердили ежемесячное сообщение). Так как дороги в этом регионе были пригодны только для верховой езды, были проведены первые в Сибири мероприятия для облегчения пути почтовых ямщиков: в Барабинской степи появились три форпоста и три селения — Шелегино, Торбаево и Государев Двор в дополнение к Чаусскому острогу (рис. 2) (совр. Колывань, Новосибирская область). В 30–50-е гг. того же века на этом участке появились 13 зимовий для отдыха путников и почтовые станции для смены лошадей (должность содержателя станции была особенно привлекательна для служивых людей, так как им давалась привилегия в виде беспоплатной варки и продажи пива).

В 1763 году тракт пошёл вместо Тары на Омск, в 1750–60-е гг. середину дороги Томск–

Название «Московско-Сибирский тракт» было дано дороге только в первой половине XX века и отражало скорее региональную и официальную специфику наименования [1, с. 70]. Дело в том, что, по оценкам одних исследователей, тракт начинается в Казани, по оценкам других — в Екатеринбурге или Перми [2, с. 94], но не в Москве.

«Московским» тракт называли в Сибири; это название появилось и закрепилось благодаря «Расписанию пролегающих почтовых трактов через Иркутскую губернию» 1798 г., где одним из главных указывается направление из Иркутска в Москву. В официальных же столичных документах XVII – XIX вв. тракт называется Сибирским [1, с. 67–70].

Красноярск перенесли севернее и провели через Ачинск, что позволило существенно сократить путь: вместо двух недель он занимал 4 дня.

К концу XIX века Московско-Сибирский тракт проходил через Тюмень, Ялуторовск, Ишим, Тюкалинск, Омск, Каинск, Колывань (Новосибирская область), Томск, Мариинск, Ачинск, Красноярск, Канск, Нижне-удинск и Иркутск.

Наиболее загруженным участком был Томск–Иркутск. В 1880-е гг. годовой оборот груза здесь

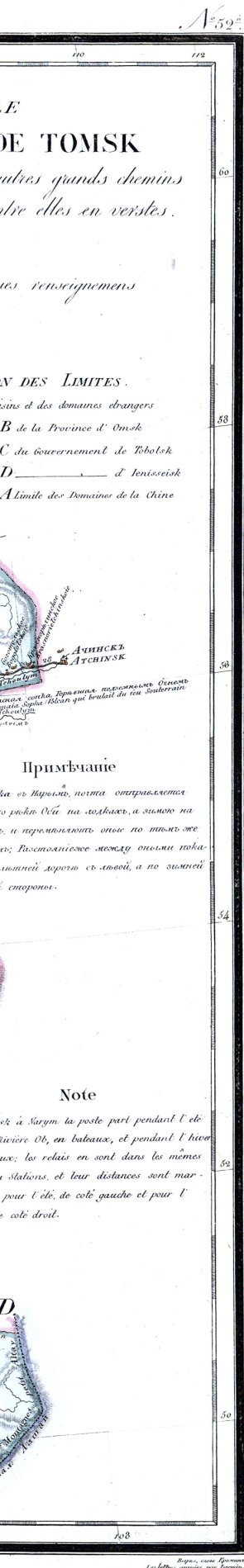


Рис. 1. Император Пётр I Великий

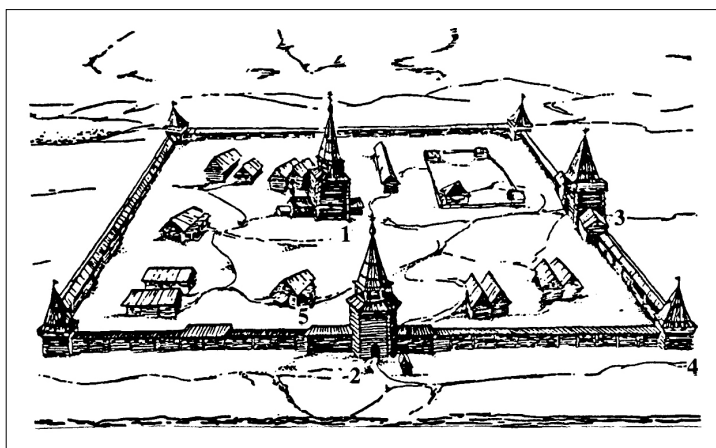


Рис. 2. Чаусский острог на рисунке 1713 г.



составлял около 3 миллионов пудов (48 миллионов 900 тысяч килограммов). Доставка клады обходилась в 2–4 рубля за пуд. Таким образом, этот участок приносил (по наименьшим ставкам) 6 миллионов 14 тысяч 700 рублей дохода в государственную казну.

При этом грузы в основном перевозили зимой по снежному и ледяному покрову, так как в весенне-летний период, во время затяжных дождей, тракт становился непроезжим, несмотря на то, что к тому времени было сформировано дорожное полотно

и работы по его поддержанию регулярно проводились [3, с. 8–12].

Строительство и содержание дороги

Базовые технические условия строительства и содержания дорог стали прописываться в царских указах ещё в конце XVI века. Так, в грамоте Бориса Годунова (рис. 3) 1599 года предписывалось чистить дороги «старого лучше и шире» [3, с. 8], а также регламентировалась ширина проезжей части: ямские дороги равнялись трём сажням (8,64 метра), просёлочные — двум сажням (5,76 метра). Содержание и ремонт дороги были общей обязанностью, независимо от чина и возраста.

Царь Алексей Михайлович оставил прежние требования к ширине дороге, однако содержание дорог возложил на землевладельцев, которые могли взимать плату с проезжающих, а Пётр I в 1724 году вменил работы по содержанию дорог крестьянам, живущим в 50 верстах (1066,8 метра) от дороги. Мосты строились за счёт государства, а после сдавались в откуп с правом сбора налога за проезд.

В 1809 году по инициативе М.М. Сперанского (рис. 4) было образовано единое центральное транспортное учреждение. Также с целью улучшения

общего технического контроля дорог территория России была разделена на 10 округов; Сибирские губернии были подконтрольны органам 10-го круга сообщения. Позднее, в 1833 году, все сухопутные пути разделили на 5 классов. 1-й — дороги главных сообщений, 2-й — дороги больших сообщений, 3-й — почтовое сообщение из губернии в губернию, 4-й — уездные торговые и почтовые дороги, 5-й — сельские и полевые. Государство взяло на себя обеспечение только дорог 1-й категории.

Дороги в пределах Томской губернии в начале XIX века относились к трём низшим классам и находились на балансе губернии. Содержание дорог обеспечивалось за счёт натуральной повинности местного населения, а дорожные работы, которые выполняли военно-рабочие сосильные, контролировала полиция [3, с. 14–16].

К тому времени основные технические условия и правила строительства и содержания дорог уже были выработаны (окончательно основные технические условия строительства и базовые требования к содержанию дорог сформировались на рубеже XVIII и XIX веков). На губернском уровне они носили рекомендательный характер, так как зачастую не было сил и средств для их выполнения, однако в самом упрощённом виде они доста-



Рис. 3. Царь Борис Годунов



Рис. 4. Сперанский Михаил Михайлович — общественный и государственный деятель

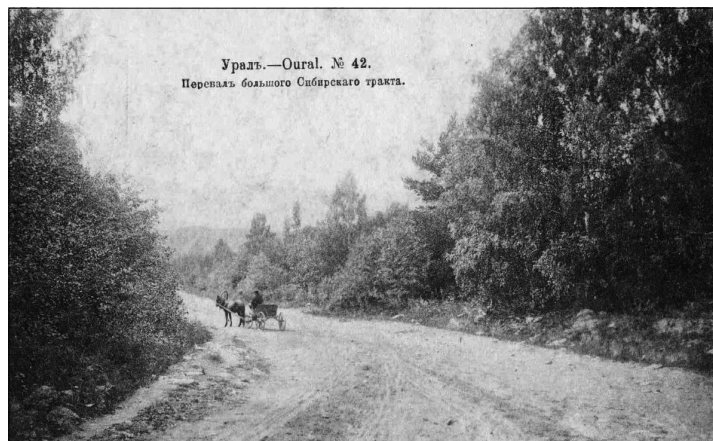


Рис. 5. Вид на перевал большого Сибирского тракта на Урале

Строительством дорог и поддержанием их в приличном состоянии занимались крестьяне в промежутках между летними полевыми работами.

точно чётко регламентировали процесс строительства дорог.

В Томской губернии в первой половине XIX века большая часть дорог была шириной в 6 сажений (12,8016 метра). Из них 3 сажени (6,4008 метра) была проезжая часть, по 1,5 сажени — обочины. Профиль

дороги планировался: срезались бугры и засыпались ямы. Если дорога проходила по косогору, то нижняя сторона выравнивалась насыпью с настилкой из связок хвороста или вязанок прутьев. Если дорога проходила по болотистым местам, она строилась в виде плотины из тех же вязанок или

хвойных веток, завязанных в пучки. Сверху всё это засыпалось плотно утрамбованной сухой землёй. Далее следовал слой крупного песка, или песка с мелкой галькой, или щебня. Откосы делались пологими [3, с. 17–18].

В Циркулярных предложениях от 1862 года предписывалось уменьшить

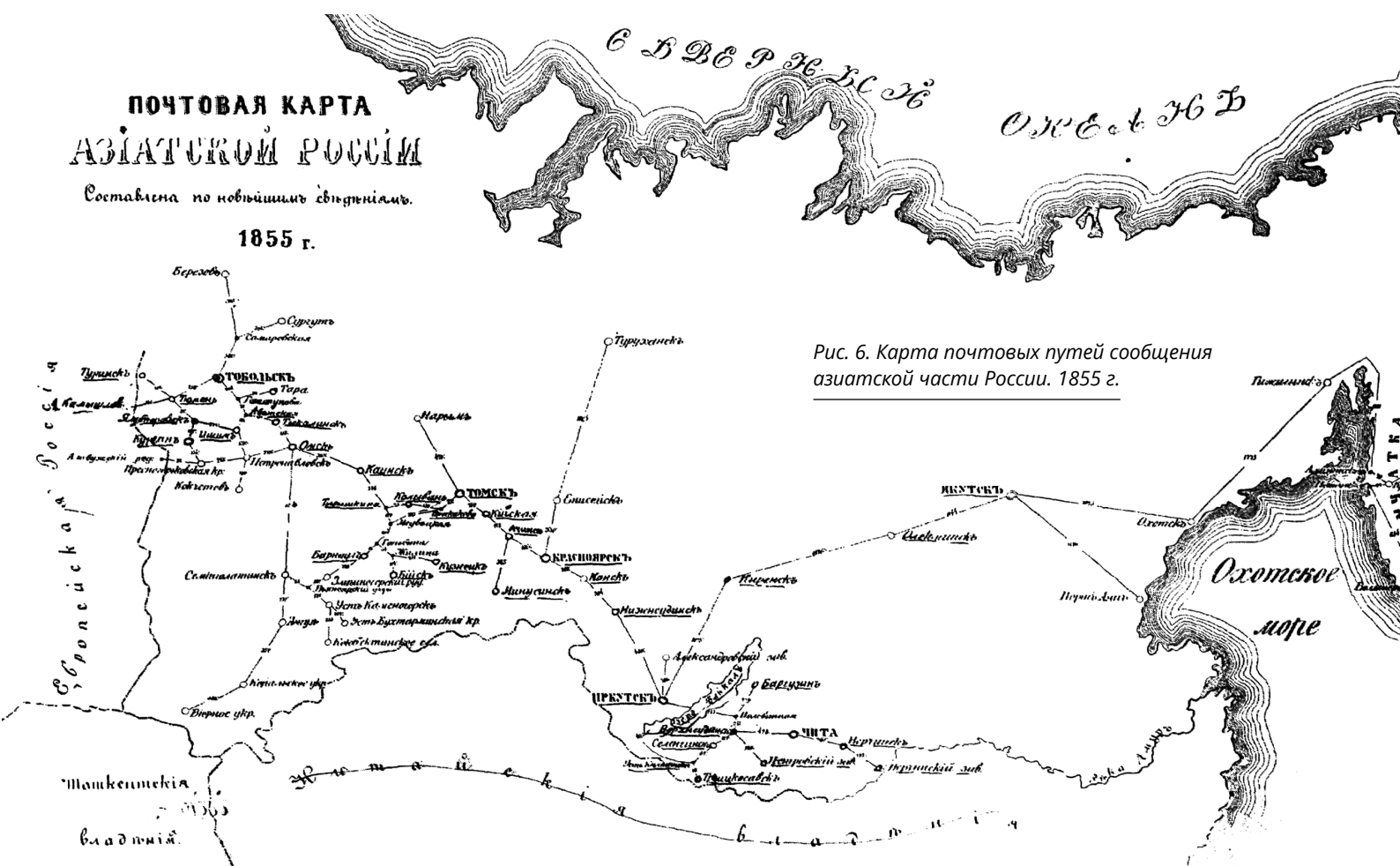


Рис. 6. Карта почтовых путей сообщения азиатской части России. 1855 г.



Рис. 7. Каторжане обедают на обочине дороги.
Фото Джорджа Кеннана. 1885 г.



Рис. 8. Вид сибирских саней в холодное утро.
Фото Джорджа Кеннана. 1885 г.

ширину полотна и обратить внимание на улучшение и укрепление проезжей части дорог на ширину, необходимую для проезда экипажей. Следовало придавать дорогам по их ширине поперечный профиль с возвышением середины дороги над общим её уровнем и на этой возвышенной полосе устраивать проезжую часть. При дороге устраивались канавы для отвода воды; чем больше была ширина дороги, тем глубже должна была быть канава [4, с. 33–34].

Строительством дорог и поддержанием их в приличном состоянии занимались крестьяне в промежутках между летними полевыми работами. Команду на очередные дорожные работы и соответственную разрядку давал земский исправник. За сбор людей в назначенный срок, их экипировку и техническую готовность (каждому полагалось иметь лошадь, двухколёсную телегу, кайло, железную и деревянную лопаты и т.д.) отвечали сельские старосты [3, с. 18–19].

Дорожная повинность вызывала недовольство у крестьян. Кроме того, волостные старшины и старосты прибегали к различным ухищрениям, чтобы уклониться от работ. Попыткой решить эту проблему стало формирование рабочих команд из ссыльных и постепенный переход от натуральной повинности к денежной. Ссылные получали выгоду от таких предприятий: поступившие в ведомство сухопутных сообщений вместо «ссылных» становились «рабочими» и по истечении 5 лет примерной службы военно-рабочий получал право заняться крестьянским трудом и стать полноправным членом общества. При этом ссыльные за свой труд получали деньги (жалованье рядовых составляло 12 рублей в год, старшины — 20 рублей), одежду и питание. Тем не менее, плохо социализированные арестанты часто совершали побеги, в результате чего выросло количество грабежей и других преступлений.

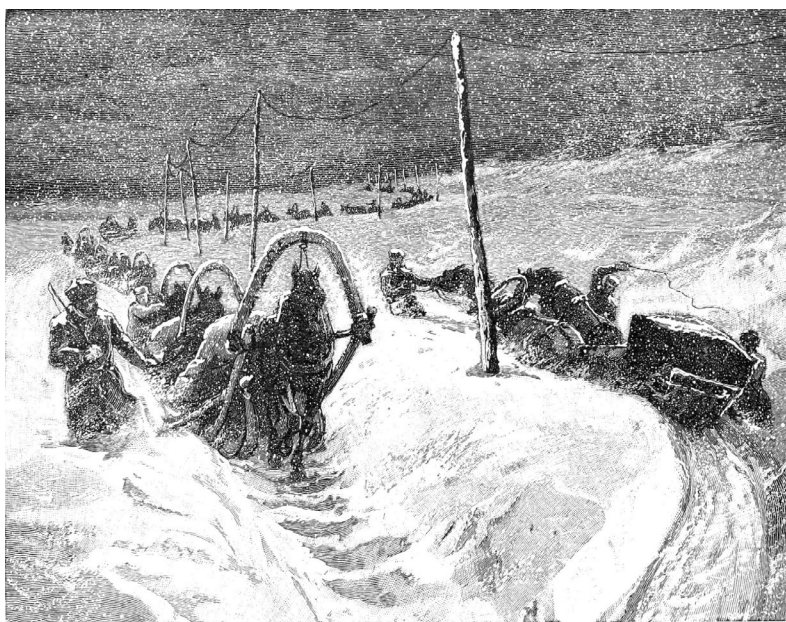
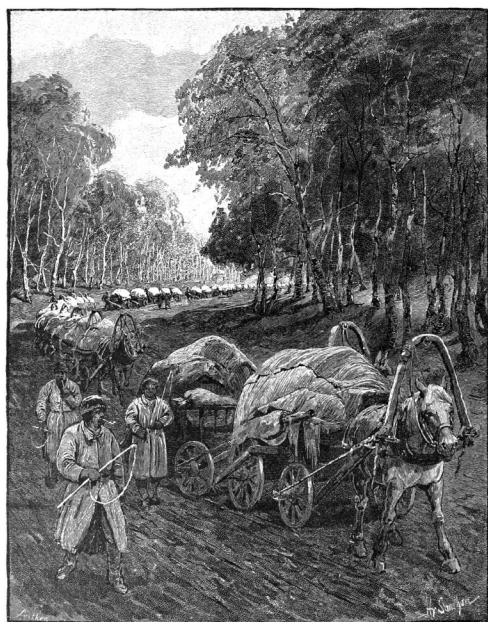


Рис. 9. а) Караван из гружённых повозок на Сибирском тракте. б) Прохождение каравана грузовых саней на Сибирском тракте. Иллюстрации из книги Джорджа Кеннана «Siberia and the Exile System». 1891 г.

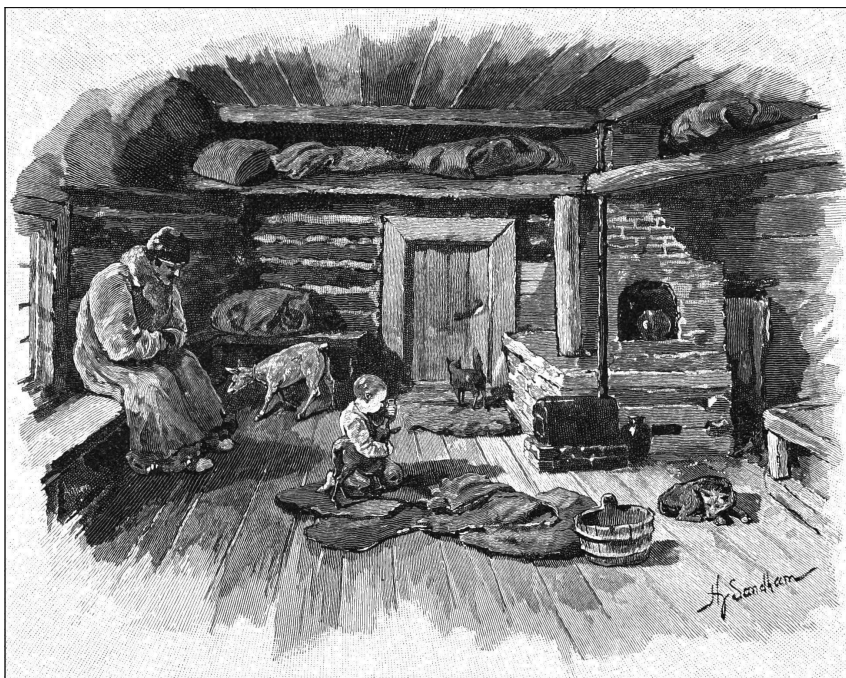


Рис. 10. Интерьер крестьянского дома под Томском. Иллюстрация из книги Джорджа Кеннана «Siberia and the Exile System». 1891 г.

Чтобы повысить ответственность ссыльного контингента, была введена практика принятия рабочими клятвы. Однако рост криминогенной обстановки это не остановило. В результате было принято решение вернуть натуральную повинность в прежних объёмах и снова возложить её на крестьян [3, с. 20–21].

К сожалению, из-за природно-климатических особенностей Сибири в хорошем состоянии дороги оставались недолго. Опытные путешественники настоятельно рекомендовали в зимнюю и летнюю поездку по Сибири брать с собой подушки и матрасы, чтобы смягчить дорожную тряску и толчки.

Александр Гумбольдт в 1829 году дал лестную оценку участку тракта в Пермской губернии: «лучше английских». Даже в 1860 году С.В. Максимов, проезжая по пермской дороге осенью, в сезон распутицы, сказал: «Лучшая дорога в России, дорога, усыпанная хрящиком (смесью песка и мелкой гальки — С.В.), налаженная в былые поры и поддерживаемая до сих пор в состоянии самородного, естественного шоссе... завидная на Руси дорога» [5, с. 25]. Однако уже в 1876 году немецкие учёные Финш и Брем отзывались об этой дороге крайне плохо.

Дороги в Томской области особенно критиковались. Джордж Кеннан (рис. 7–10), американский журналист,

и А.П. Чехов, проезжавшие по тракту от Томска в сторону Иркутска в сезон распутицы (Кеннан в 1885 году, Чехов в 1890 году), единодушно оценили её как худшую дорогу. А Н.М. Ядринцев, проезжая по этой дороге в том же году, что и Чехов, назвал дорогу «гладкой, как пол» [5, с. 25].

В 1896 году из-за многочисленных жалоб даже была проведена проверка дорожного участка от Томска до Мариинска. Выездная комиссия строительного отделения обнаружила неутешительную картину: тракт был сплошь в выбоинах. При этом в сентябрьском рапорте заведующего Томско-Ачинским участком того же года было указано, что местами дорога находится в настолько удовлетворительном состоянии, что её ремонт в июле 1896 года обошёлся значительно дешевле, чем обычно [4, с. 35].

Культура и быт притрактового населения

Строительство Московско-Сибирского тракта, его существование оказали огромное влияние на все аспекты жизни населения в притрактовых деревнях и городах, через которые пролегала дорога.

В частности, особенности процесса заселения тракта отразились на архитектурном облике притрактовых поселений. Заселение продолжалось постоянно, ведь жизнь при тракте была

привлекательна для беглых или военно-рабочих каторжных и для переселенцев в целом, так как тракт давал богатые возможности для процветания. Старожилы, заселившие тракт в течение XVIII – начале XIX веков, в течение жизни могли позволить себе построить не один дом, а новосёлы строили более простые дома. Поэтому в центре селения, как правило, располагались большие старые дома (иногда двухэтажные) с крытыми дворами; чем ближе к окраине, тем новее (и беднее) были дома, встречались и землянки.

В связи с постоянным притоком переселенцев и ростом количества домов в притрактовых деревнях образовывалась интересная «география»: нередко была ситуация, когда кладбище, бывшее когда-то на окраине селения, оказывалось в его центре [1, с. 400].

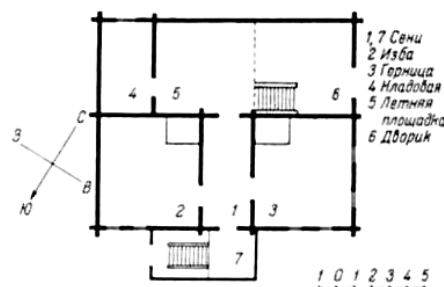
Внутреннее устройство жилища притрактовых крестьян также отличалось от традиционного крестьянского жилья. Достаточно часто планировка домов при тракте предусматривала горницу (рис. 11), которая со временем стала восприниматься как главное жилое помещение. Горницы обустраивались в соответствии с модными веяниями, в них собирались наиболее престижные вещи, символизирующие достаток и социальную значимость семьи. Укрепление традиции устраивать в доме горницу свидетельствовало о том, что крестьяне, живущие за счёт тракта, больше придавали значение деньгам, чем урожаю или хозяйству. В то же время крестьяне средней полосы, достаток которых целиком зависел от хозяйства, не устраивали горниц [6, с. 58–62].

Активное участие в торгово-промышленной жизни тракта требовало хорошего уровня образования. Процент жителей, интересующихся книгами, в притрактовых селениях был достаточно высок. В домах часто можно было обнаружить достаточно хорошие личные библиотеки, в городах открывались публичные. Например, в Томске в 1881 году была открыта библиотека П.И. Макушина, а в 1887 году, спустя всего лишь 6 лет, — библиотека Н.И. Березницкого, содержащая более 5 тысяч книг [7, с. 459–460].

Для города, в частности Томска, вопрос образования был одним из насущных. Годом ранее в библиотеке для горожан проводилась от-



Рис. 11. Сибирский двойной дом с сеними, избой, горницей и крытой кладовой в Томской области. Рисунок из книги Е. Ащепкова «Русское народное зодчество в Западной Сибири»



крытая лекция, посвящённая книге. Лектор, И.Ю. Вишневский-де-Турнефор указал на тот факт, что первый типографский станок в стране появился одновременно с завоеванием Сибири, между тем в самой Сибири книжное дело стало развиваться только 20 лет назад (в 1867 году). Темпы его развития, однако, впечатляют: на момент 1887 года в Томске функционировали уже три типографии, в которых печатались 5 периодических изданий, что свидетельствует о достаточно высоком спросе на периодическую печатную продукцию [8, с. 394–395].

Со временем Московско-Сибирский тракт перестал использоваться. Однако отголоски его существования обнаруживались порой самым неожиданным образом. Например, в детских играх: дети в притрактовых селениях часто играли в «постоялый двор», «обозы», «лавочку». Персонажами игр становились хозяин, хозяйка, работник, приказчик обоза, ямщик и другие. Данная игровая практика существовала достаточно долго уже после того, как тракт перестал играть ключевую роль в жизни населения [1, с. 392]. ■

Литература:

1. Катионов О.Н. Московско-Сибирский тракт как основная сухопутная транспортная коммуникация Сибири (30-е гг. XVIII – 90-е гг. XIX вв.). дис. ... д-ра ист. наук. Новосибирск, 2006. 465 с. URL: <http://irkipedia.ru/sites/default/files/pdf/>

automat/_moskovsko-sibirskiy_trakt_0.pdf (дата обращения: 4.11.2019)

2. Исторические очерки строительства дорог и мостов / В.П. Бойко [и др.]. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2012. 226 с.
3. История дорожного дела в Томской области / Б.К. Андрущенко [и др.]. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1999. 284 с.
4. Тимофеева Л.А. Из истории Большого Сибирского тракта в Томской губернии (местоположение, содержание, состояние) // Труды Томского областного краеведческого музея. Т.12. Томск, 2002. С. 30–36. URL: <https://elib.tomsk.ru/purl/1-2566/> (дата обращения: 10.11.2019)
5. Андреева Е.А. Езда по Большому Сибирскому тракту в XIX в.: дорожные впечатления современников // Труды Томского областного краеведческого музея. Т.12. Томск, 2002. С. 22–29. URL: <https://elib.tomsk.ru/purl/1-2566/> (дата обращения: 10.11.2019)
6. Назаренко Т.Ю. К вопросу о влиянии тракта на повседневную жизнь сибирских крестьян // Труды Томского областного краеведческого музея. Т.12. Томск, 2002. С. 58–62. URL: <https://elib.tomsk.ru/purl/1-2566/> (дата обращения: 13.11.2019)
7. Городские известия // Сибирская газета. Томск: Типография «Сибирской газеты», 1887. № 12. 24 с. URL: <http://sun.tsu.ru/mminfo/000351029/index.html> (дата обращения: 10.11.2019)
8. Городские известия // Сибирская газета. Томск: Типография «Сибирской газеты», 1886. № 13. 18 с. URL: <http://sun.tsu.ru/mminfo/000351029/index.html> (дата обращения: 10.11.2019)

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**



Программные продукты

IndorTrafficPlan

проектирование
организации
дорожного движения

BIM-модуль
для информационного
моделирования

IndorPavement

расчёт дорожных
одежд

IndorCAD/Road

проектирование
автомобильных дорог

IndorRoadSigns

проектирование
дорожных знаков

Спутники успеха!



indorsoft.ru

8 800 333-08-05
support@indorsoft.ru