

САПР и ГИС

автомобильных дорог

№ 1(6), 2016



Диагностика
автомобильных дорог



IndorCAD/Road Maximal

Система автоматизированного проектирования
автомобильных дорог

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



От главного редактора



Темпы развития дорожно-уличной сети ставят всё новые непростые задачи в обеспечении безопасности дорожного движения. В настоящее время для повышения качества обслуживания дорог применяются всё более прогрессивные и эффективные методы диагностики автомобильных дорог. Поэтому мы решили уделить диагностике особое внимание и выбрали её в качестве темы этого номера.

Помимо традиционных вопросов нормативного и технологического обеспечения, в этом номере диагностика освещается и в контексте популярной концепции BIM. Какие именно технологии относят диагностику к элементам информационного моделирования, читайте в статьях этого номера журнала.

Секция BIM представлена рядом статей, посвящённых решению задач формирования единого координатного пространства на объектах дорожной отрасли, а также автоматизации строительного контроля с применением информационных моделей дорог. Также в секции приводится опыт разработки проектной документации с применением технологии информационного моделирования и даётся обзор существующих британских BIM-стандартов.

Секция САПР представлена двумя обзорными статьями: описываются новые инструменты САПР IndorCAD, обеспечивающие поддержку технологии BIM, и функциональные возможности системы проектирования водопропускных труб IndorCulvert.

В **секции Диагностика** приводится описание современных подходов к оценке транспортно-эксплуатационных показателей, приме-

няемых при диагностике дорог ГК «Автодор». Отдельная статья посвящена новому стандарту ГОСТ 32729–2014: описываются обнаруженные неточности в формулировках и приводятся предложения по доработке текста стандарта. Также в секции представлено интервью с Юрием Эммануиловичем Васильевым — д.т.н., профессором кафедры «Дорожно-строительные материалы» МАДИ (г. Москва), руководителем-разработчиком передвижной дорожной лаборатории мониторинга улично-дорожной сети «АДС-МАДИ».

Секция ГИС представлена обширной статьёй, описывающей меры и стратегии, направленные на снижение негативного воздействия на окружающую среду в рамках экологической политики ГК «Автодор».

Персона номера — Владислав Михайлович Киншаков, генеральный директор ООО «НПО «Регион» (г. Москва). Именно благодаря таким целеустремлённым людям с прогрессивными взглядами современная диагностика не сводится только к изменению геометрических параметров, а становится закономерным элементом информационного моделирования дорог на этапе эксплуатации.

Также в этом номере представлен **увлекательный обзор** самых выдающихся мостов со всего мира за всю историю мостостроения.

От имени всей редакции желаю вам интересного и полезного чтения!

Главный редактор
Скворцов Алексей Владимирович

АДРЕС РЕДАКЦИИ

634003, г. Томск, пер. Школьный, д. 6, стр. 3
Телефон/факс: **8 800 333-0805**, +7 (3822) 650-450
Электронная почта: **red@indorsoft.ru**

РЕГИСТРАЦИЯ ЖУРНАЛА

ISSN 2310-4376

Версия: **для печати**

Номер свидетельства:

ПИ № ФС 77-53497

Наименование СМИ:

САПР и ГИС автомобильных дорог

Дата регистрации: **04.04.2013**

Форма распространения:

печатное СМИ: журнал

Территория распространения:

Российская Федерация,

зарубежные страны

Издатель: **ООО «ИндорСофт»**

Учредитель: **ООО «ИндорСофт»**



Версия журнала в интернете:

cadgis.ru

Журнал зарегистрирован

в системе **РИНЦ: eLIBRARY.ru**

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

Тираж — 1 000 экз. Формат 210×297

КООРДИНАТОР ПРОЕКТА

Бойков Владимир Николаевич, д.т.н.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Бойков Владимир Николаевич, д.т.н.

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

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

Величко Геннадий Викторович, к.т.н.

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

Елугачёв Павел Александрович, к.т.н.

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

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

Миронюк Виталий Петрович, д.э.н.

Овчинников Максим Алексеевич, к.т.н.

Петренко Денис Александрович

Сарычев Дмитрий Сергеевич, к.т.н.

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

Субботин Сергей Аркадьевич

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

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

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

ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР

Дмитриенко Виктор Евгеньевич

КОРРЕКТОРЫ

Князюк Елизавета Михайловна

Райкова Лидия Сергеевна

Снежко Ирина Викторовна

ДИЗАЙН И ВЁРСТКА

Патов Евгений Валерьевич

ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ

Кузнецова Анна Петровна

Тираж — 1 000 экз. Формат 210×297



BIM

- 4** Обеспечение единого координатного пространства: результаты апробации методики создания ВОГС
Гулин В.Н., Неретин А.А.
- 12** Информационное моделирование при разработке проектной документации
Лигоцкий А.Н.
- 20** Автоматизированная технология изысканий в строительном контроле
Сарычев Д.С., Скворцов А.В.
- 24** Обзор британских стандартов семейства PAS 1192
Баранник С.В.

САПР

- 28** Новые BIM-инструменты в IndorCAD
Снежко И.В., Петренко Д.А.
- 34** IndorCulvert как надёжный инструмент для проектирования водопропускных труб
Райкова Л.С., Снежко И.В., Шаймарданов М.Ш.

ДИАГНОСТИКА

- 38** Современный подход к оценке транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог государственной компании «Российские автомобильные дороги»
Углова Е.В., Тиратурян А.Н., Шамраев Л.Г.

- 52** Выполнимы ли требования новых стандартов?

Багдасарян А.А., Карпов А.В.

- 56** Интервью с создателем диагностической лаборатории мониторинга улично-дорожной сети Васильевым Ю.Э.

Бойков В.Н.

ГИС

- 60** Экологическая политика государственной компании «Автодор» в информационном поле

Трофименко Ю.В.

ПЕРСОНА

- 68** Персона: Киншаков Владислав Михайлович. Революционер дорожной диагностики

Бойков В.Н.

ОБЩЕСТВО

- 74** Шедевры мостостроения

Кузнецова А.П.

15000

1750

3000

1250

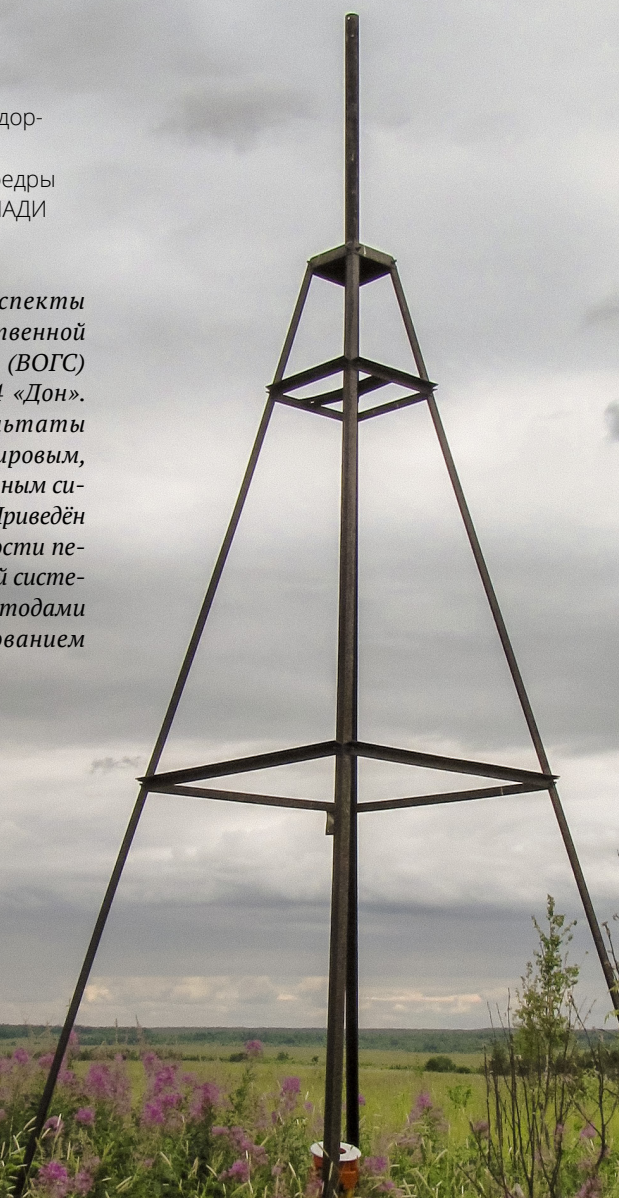
1750

Обеспечение единого координатного пространства: результаты апробации методики создания ВОГС

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.1

Гулин В.Н., директор ООО «Индор-Центр» (г. Москва)
Неретин А.А., к.т.н., доцент кафедры геодезии и геоинформатики МАДИ (г. Москва)

Изложены практические аспекты развития сегмента ведомственной опорной геодезической сети (ВОГС) на участке автодороги М-4 «Дон». Описана методика и результаты привязки пунктов ВОГС к мировым, общегосударственным и местным системам координат и высот. Приведён сравнительный анализ точности передачи отметок в Балтийской системе высот 1977 года ГНСС-методами и геометрическим нивелированием II класса.



Данная публикация является продолжением темы формирования единого координатного пространства на объектах дорожной отрасли, затронутой в предыдущих двух номерах журнала «САПР и ГИС автомобильных дорог» [1, 2]. Напомним, что в [1] задачу формирования единого координатного пространства для объектов дорожной отрасли в целом и для объектов Государственной компании «Российские автомобильные дороги» (далее ГК «Автодор») в частности предлагалось решать путём создания ведомственной опорной геодезической сети (ВОГС).

В конце 2015 года по контракту с ГК «Автодор» на участке автодороги М-4 «Дон» протяжённостью порядка 200 км был реализован проект по развитию планово-высотного обоснования в соответствии с предложенной методикой создания ВОГС. Речь в данной публикации пойдёт о результатах, полученных в ходе реализации этого проекта.

Выбор исходных пунктов, рекогносцировка и закладка пунктов ВОГС

Район работ расположен на территории Московской и Тульской областей. Для привязки новых пунктов ВОГС

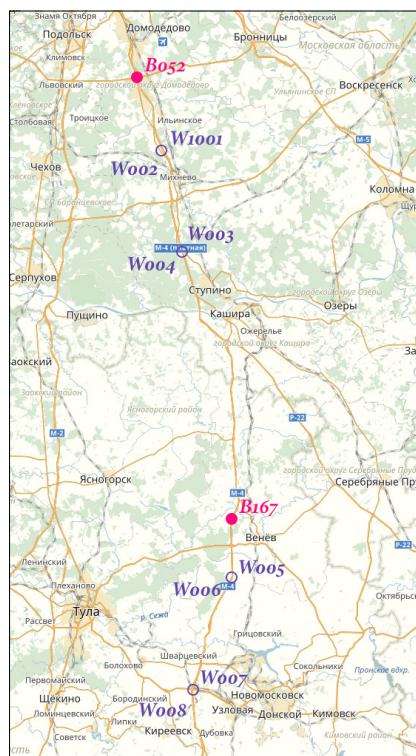


Рис. 1. Общая схема расположения пунктов ВОГС

к местным системам координат этих регионов и Балтийской системе высот необходимо было выбрать исходные пункты государственной геодезической сети (ГГС) и главной высотной основы (ГВО), пригодные для ГНСС-наблюдений.

В обследование были включены пункты ГГС, расположенные поблизости от участка работ с возможностью непосредственного подъезда к пункту на автотранспорте. Всего было обследовано 29 пунктов ГГС, из них сохранными было обнаружено 13 (45%), а пригодными для ГНСС-наблюдений — всего 9 (31%). Цифры весьма показательные.

Для привязки новых пунктов ВОГС к Балтийской системе высот 1977 года (Балтика 77) необходимо было выбрать два нивелирных репера ГВО, максимально близко расположенных к автодороге М-4 «Дон» вдоль участка работ. Ситуация с выбором пунктов ГВО в рамках данного проекта уже была рассмотрена в предыдущей публикации [2].

По результатам обследования для ГНСС-наблюдений было выбрано по 5 исходных пунктов ГГС и по одному пункту ГВО в Московской и Тульской областях соответственно.

Местоположение выбранных пунктов ГВО накладывало ограничения на места закладки новых пар реперов ВОГС, поскольку расстояние от репера ГВО до пары новых рабочих реперов ВОГС не должно было превышать 4 км [2]. Техническое задание проекта предусматривало закладку двух пунктов каркасной сети и четырёх пар рабочих реперов, по две пары (четыре репера) в каждом регионе. Расстояние между парами реперов в одном регионе не должно превышать 30 км. Общая схема расположения пунктов ВОГС показана на рисунке 1.

Один пункт каркасной сети расположен в Московской области на 52-м километре Каширского шоссе (B052), второй — в Тульской области на 167-м километре автодороги М-4 «Дон» (B167). Конструкция марок пунктов каркаса предусматривает возможность принудительного центрирования спутниковой антенны.

Для закладки рабочих реперов ВОГС подбирались элементы дорог с бетонными основаниями (путепроводы и оголовки водопропускных труб). Рабочие реперы (W001–W008) закла-

дывались парами при условии соблюдения прямой видимости между реперами в паре. Для закрепления центров рабочих реперов использовались специальные стальные марки, которые фиксировались в отверстиях с помощью химического анкера (рис. 2).

Выполнение ГНСС-наблюдений

ГНСС-наблюдения выполнялись с целью привязки всех новых пунктов ВОГС к государственным и общегосударственным системам координат и высот. Программа ГНСС-измерений была составлена таким образом, чтобы обеспечивалась синхронность наблюдений между пунктами каркасной сети

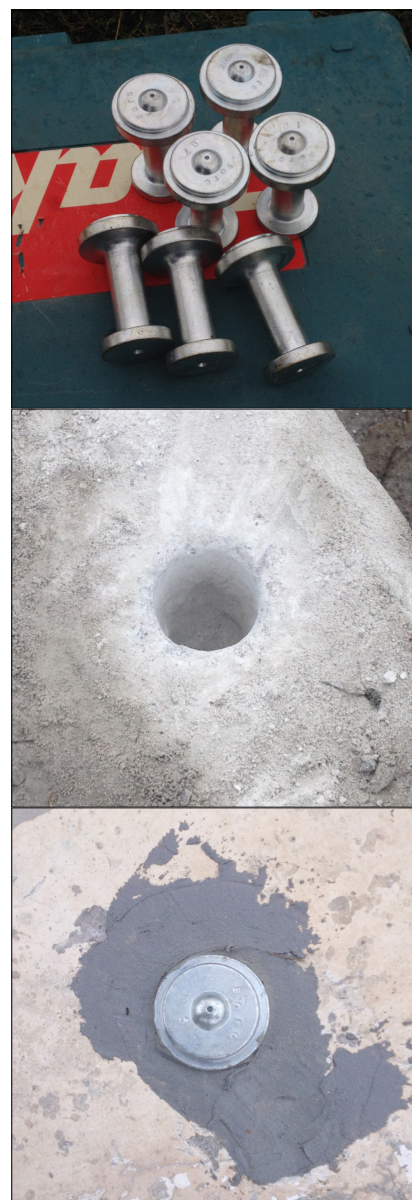


Рис. 2. Закрепление центров рабочих реперов ВОГС



Рис. 3. Различные способы установки ГНСС-антенны



и всеми остальными пунктами ВОГС, ГТС и реперами ГВО.

При ГНСС-наблюдениях спутниковые антенны устанавливались либо стационарно на резьбовые марки (на пунктах каркасной сети), либо на штативы с помощью трегеров с оптическими центрирами, либо на вехи. Примеры различных способов установки оборудования показаны на рисунке 3.

Основным предназначением пунктов каркасной сети ВОГС является высокоточная привязка этих пунктов к государственным и общегосударственным системам координат и высот для последующей передачи координат и высотных отметок на остальные пункты (рабочие реперы) ВОГС.

Поскольку в Российской Федерации государственная основа требуемой точности представляет собой весьма разреженную сеть пунктов ФАГС с векторами между соседними пунктами по 500 и более километров, для обеспечения высокоточных решений на пунктах каркаса потребовались многосуточные ГНСС-наблюдения. При обработке длительных сессий ГНСС-наблюдений (не менее 5 суток) и учёте циклических вариаций приливных эффектов земной коры (tide corrections) удаётся выйти на субсантиметровый уровень точности определения векторов длиной в несколько сотен километров.



Рис. 4. Стенной репер II класса Вельяминово, заложенный в 1924 г.

Для достижения максимальной точности ГНСС-определений пунктов каркасной сети на них были стационарно установлены комплекты ГНСС-оборудования для выполнения синхронных измерений. Продолжительность синхронных ГНСС-измерений на пунктах каркасной сети в общей сложности составила порядка 7 суток с интервалом записи 15 секунд. Приёмники выполняли непрерывные и синхронные ГНСС-наблюдения на пунктах каркаса до тех пор, пока не были завершены ГНСС-наблюдения на всех пунктах ВОГС, ГТС и нивелирных реперах ГВО.

ГНСС-наблюдения на рабочих реперах ВОГС выполнялись парами приёмников. Интервал записи данных 1 секунда, продолжительность каждой сессии ГНСС-наблюдений на пунктах составила не менее 3 часов. Синхронность наблюдений обеспечивалась в каждой паре реперов ВОГС.

Целью ГНСС-наблюдений на реперах ГВО являлась высокоточная передача высотных отметок на все новые пункты ВОГС. ГНСС-наблюдения на нивелирных реперах ГВО выполнялись синхронно с ближайшей парой рабочих реперов ВОГС. Интервал записи 15 секунд, продолжительность измерений составляла не менее 2,5 часов.

При выполнении ГНСС-наблюдений на стенном нивелирном репере Вельяминово в Московской области (рис. 4) потребовалось осуществить вынос отметки стенного репера на временный репер в 15 метрах от здания, поскольку ГНСС-наблюдения нежелательны вблизи стен зданий, экранирующих часть небесной сферы и создающих паразитные многолучевые отражения сигналов от спутников. В дальнейших вычислениях и сравнениях нивелирования и ГНСС используется отметка временного репера.

Тип и расположение нивелирного репера Александровка в Тульской области позволили выполнить ГНСС-измерения путём непосредственного центрирования спутниковой антенны над репером без выполнения промежуточных мероприятий, как в случае со стенным репером.

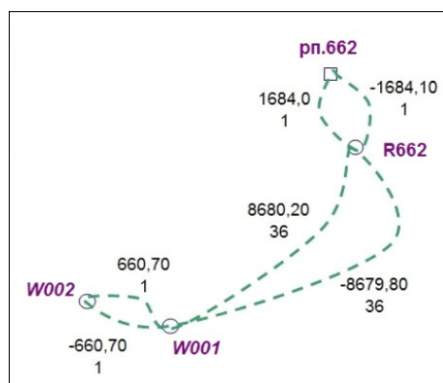


Рис. 5. Схема ходов нивелирования II класса в Московской области

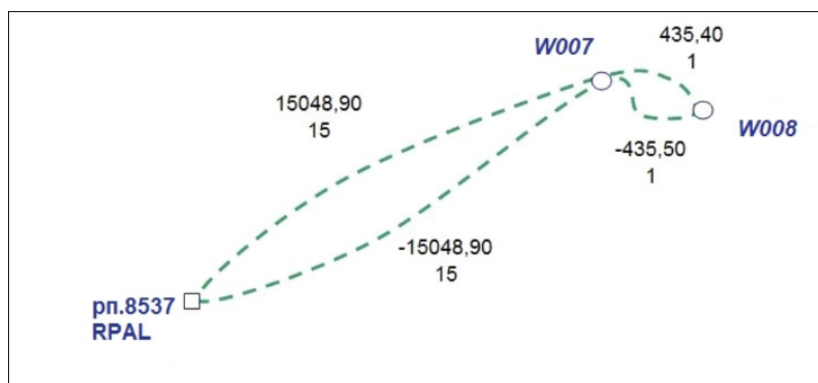


Рис. 6. Схема ходов нивелирования II класса в Тульской области

Спутниковые наблюдения на нивелирных реперах ГВО выполнялись с использованием вехи для установки спутниковой антенны. Это позволяет максимально точно измерить высоту спутниковой антенны относительно репера, что крайне важно для точной передачи высотных отметок ГНСС-методами.

ГНСС-наблюдения на пунктах ГТС выполнялись с целью привязки новых пунктов ВОГС к местным системам координат Московской и Тульской областей. Продолжительность ГНСС-наблюдений на пунктах ГТС составляла не менее 1,5 часов с интервалом записи данных 15 секунд. При этих измерениях требовалось обеспечить синхронность наблюдений только с пунктами каркаса, от которых впоследствии осуществлялась привязка всех остальных пунктов ВОГС в ходе совместной обработки данных измерений.

Выполнение работ по геометрическому нивелированию II класса

Геометрическое нивелирование II класса использовалось в качестве альтернативного метода передачи отметок в Балтийской системе высот 1977 года с нивелирных реперов ГВО на пункты ВОГС. Для выполнения измерений использовался электронный нивелир Trimble Dini 03 с комплектом инварных кодовых реек.

Ходы нивелирования II класса были проложены в прямом и обратном направлениях от репера Вельяминово (рп.662) до пунктов ВОГС W001 и W002 в Московской области и от репера Александровка (рп.8537) до пунктов ВОГС W007 и W008 в Тульской обла-

сти. Работы выполнялись в соответствии с требованиями нормативов на прокладку нивелирных ходов [3]. Схемы ходов нивелирования II класса в Московской и Тульской областях приведены на рисунках 5, 6.

Цифрами на схемах показаны превышения в каждом сегменте хода в направлении прямо и обратно, ниже которых указано общее число штативов в каждом сегменте. Именем R662 на рисунке 5 обозначен временный репер, вынесенный для выполнения ГНСС-наблюдений, как описано выше.

Обработка результатов нивелирования выполнялась в программе CREDO. Результаты оценки точности нивелирования II класса приведены в таблицах 1, 2.

Обработка данных ГНСС-наблюдений

Постобработка результатов ГНСС-наблюдений выполнялась программой Pinnacle. Помимо результатов ГНСС-наблюдений, выполненных на пунктах ВОГС, ГТС и ГВО, для постобработки были использованы сырые данные ГНСС-наблюдений на пунктах IGS [4], ФАГС (получены в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД») и двух постоянно действующих станциях в Московской и Тульской областях, доступ к которым был получен через сервис NIVE3 [5].

Важно отметить тот факт, что для достижения максимальной точности высотных определений с помощью ГНСС-методов необходимо учитывать

Таблица 1. Результаты нивелирования II класса, Московская область

Разность высот исходных пунктов	$H_k - H_n =$	-11,0247	м
Полученная невязка	$V_{\text{пол}} =$	-0,0	мм
Допустимая невязка	$V_{\text{доп}} = \pm 5 \text{ мм} \sqrt{L} =$	8,9	мм
Поправка на 1 км хода	$-V/L =$	0,00	мм
Средние квадратические ошибки нивелирования на 1 км хода:			
- случайная	$\eta = \pm$	0,2	мм
- систематическая	$\sigma = \pm$	0,06	мм

Таблица 2. Результаты нивелирования II класса, Тульская область

Разность высот исходных пунктов	$H_k - H_n =$	15,4840	м
Полученная невязка	$V_{\text{пол}} =$	-0,1	мм
Допустимая невязка	$V_{\text{доп}} = \pm 5 \text{ мм} \sqrt{L} =$	5,7	мм
Поправка на 1 км хода	$-V/L =$	0,04	мм
Средние квадратические ошибки нивелирования на 1 км хода:			
- случайная	$\eta = \pm$	0,3	мм
- систематическая	$\sigma = \pm$	0,27	мм

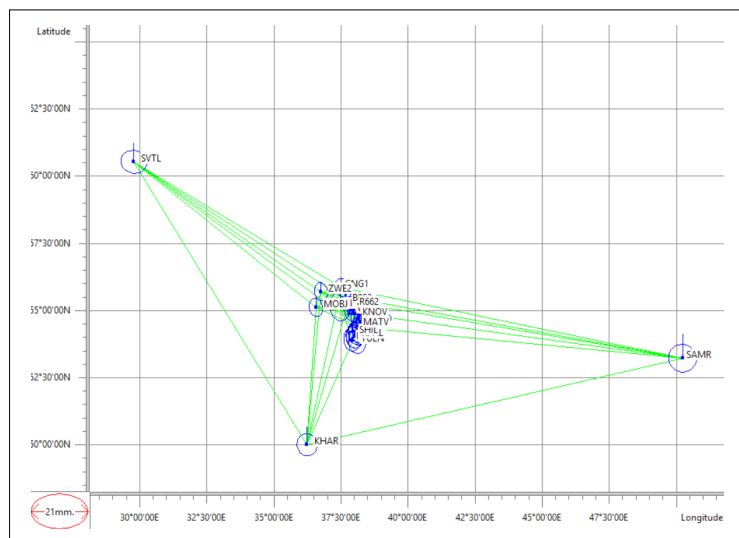


Рис. 7. Результат свободного уравнивания сети ГНСС-векторов

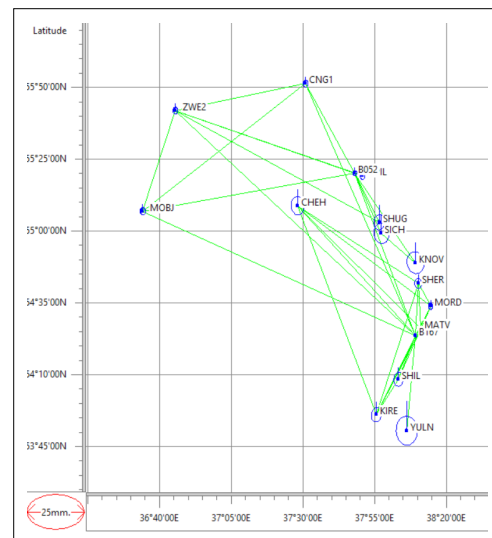


Рис. 8. Результат свободного уравнивания сети для привязки к МСК

точные параметры калибровок применявшихся спутниковых антенн, которые можно найти на сайте геодезической службы США [6].

Обработка данных ГНСС наблюдений выполнялась в несколько этапов:

- свободное уравнивание сети векторов ГНСС-измерений;
- привязка пунктов ВОГС к системе координат ITRF2008;
- привязка пунктов ВОГС к системе координат ГСК-2011;
- привязка пунктов ВОГС к местным системам координат (МСК) регионов.

Свободное уравнивание позволяет оценить точность геометрического построения ГНСС-векторов по внутренней сходимости без фиксирования координат или высот каких-либо пунктов, что позволяет исключить влияние возможных ошибок в исходных координатах (рис. 7).

Оценка результатов свободного уравнивания свидетельствует о точности определения местоположения всех пунктов ВОГС на уровне 6 мм в плане и 8 мм по высоте.

Привязка к системе координат ITRF2008 осуществлялась в результате уравнивания сети из совокупности всех измерений проекта, включая определяемые пункты ВОГС новой закладки, базовые станции каркаса ВОГС, пункты ГТС, реперы ГВО, станции международного мониторинга IGS, пункты ФАГС.

Важно отметить, что международная система земной относимости ITRF2008, в отличие от привычных каталогов ГТС и ГВО, не является стабильной во времени системой учёта координат и высот, приведённых к неизменным величинам. Пункты IGS, являющиеся носителями координат и высот системы ITRF2008, описывают смещения относительно принятого центра масс Земли и положения осей мировой геоцентрической де-

картовой системы. Представление векторов этих смещений пунктов ведётся в двух системах:

- геоцентрической декартовой системе ITRF2008 в виде ежегодных линейных вращений по каждой из осей;
- геодезической системе на эллипсоиде WGS-84 в виде ориентированных по широтам, долготам и высотам смещений, эквивалентных геоцентрическим.

Первый метод более прост в линейной оценке масштабов смещений, тогда как второй является более наглядным для картографического представления векторов смещений.

Таким образом, решение задачи определения геоцентрических (геодезических) координат в системе ITRF2008 возможно путём приведения каталогов решений на некоторую дату. Поскольку в ходе выполнения проекта было целесообразно сопоставить две высокоточные системы координат ITRF2008 и ГСК-2011, в качестве одной из дат было выбрано 1 января 2011 года как дата начала отсчёта системы ГСК-2011 [7]. В качестве второй даты была выбрана одна из дат выполнения ГНСС-измерений при реализации проекта. Приведение каталогов решений на указанные даты выполнялось с использованием открытой информации с интернет-ресурса SOPAC [4].

Максимальные значения ошибок определения координат пунктов в системе ITRF2008 по результатам уравнивания сети с одним исходным пунктом IGS не превышают 1 см.

Привязка к системе координат ГСК-2011 осуществлялась в результате уравнивания сети в той же конфигурации, что и при выполнении привязки к системе ITRF2008. Координаты пунктов ФАГС в системе ГСК-2011 были получены в ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД». При уравнивании сети в качестве плановой основы были зафиксированы значения координат

одного пункта ФАГС, приведённые на дату 1 января 2011 года. В качестве высотной основы приведения отметок от эллипсоидальных к нормальным высотам (Балтика 77) были приняты отметки реперов ГВО, на которых выполнялись ГНСС-измерения. При уравнивании использовалась модель геоида EGM 2008. Уравнивание сети с вышеописанными исходными данными позволило получить каталог всех пунктов сети в системе ГСК-2011 на исходную дату 1 января 2011 года.

По результатам уравнивания сети максимальные значения ошибок определения координат пунктов в системе ГСК-2011 также не превышают 1 см.

Привязка пунктов ВОГС к МСК регионов выполнялась в несколько шагов. Сначала была выполнена оценка точности сети из всех пунктов ГТС по внутренней сходимости. Для этого все пункты ГТС Московской и Тульской областей были объединены в единый сегмент подсети и уравнены вместе с каркасом ВОГС и пунктами IGS и ФАГС. Такой подход позволил получить большее число связей для контроля качества ГНСС-измерений (рис. 8).

Масштаб эллипсов ошибок на рисунке 7 свидетельствует о точности полученных взаимных положений пунктов каркаса ВОГС в пределах нескольких миллиметров. Об этом же свидетельствуют и численные оценки точности

результатов свободного уравнивания пунктов ГТС и пунктов каркасной сети. Максимальная погрешность независимых ГНСС-определений пунктов ГТС составила 13,4 мм по высоте для пункта ГТС Юлинка в Тульской области, все остальные решения точнее сантиметра.

После получения оценки качества каркаса ВОГС относительно ГТС по внутренней сходимости в эту сеть были добавлены все рабочие реперы ВОГС, а также нивелирные реперы высотной основы для обеспечения единства высотных определений всей конструкции сети.

Для получения каталогов определяемых реперов и пунктов каркасной сети ВОГС в местных системах координат было выполнено фиксирование исходных координат по пунктам ГТС с наилучшей надёжностью данных по измерениям ГНСС. Для фиксирования высотной основы за исходные были приняты реперы ГВО. Для перехода в системы МСК в качестве исходных были приняты пункты Ситне-Щелканово (МСК 50) и Мордвес (МСК 71.1).

Параметры оценки точности результатов привязки пунктов ВОГС к местным системам координат демонстрируют максимальную погрешность на уровне 5,3 мм в плане и 7,3 мм по высоте.

Определение параметров пространственных связей между различными системами координат

В процессе рассмотренных выше процедур уравнивания пунктов сети были получены их координаты в различных системах, причём в процессе уравнивания была достигнута очень высокая точность взаимного положения пунктов сети по внутренней сходимости. Это позволяет рассчитать параметры преобразований между различными системами координат, и эти параметры будут наиболее полно обеспечивать целостность координатного описания нашего объекта в различных системах. Отдельно следует отметить, что результаты привязки наших пунктов к системам ITRF2008 и ГСК-2011 продемонстрировали полную идентичность этих систем в пределах точности измерений.

Наш объект исследования имеет протяжённость порядка 200 км и про-

ходит по территории двух регионов со своими местными системами координат. Однако благодаря проведённым измерениям и уравниванию исходных пунктов ГТС в различных системах координат мы имеем возможность получить точные параметры связи между геоцентрическими (ITRF2008, ГСК-2011) и местными (МСК-50, МСК-71.1) системами. Более того, эти параметры преобразований позволят обеспечить единство координатных описаний объекта в любой из упомянутых выше систем координат, избежав при этом каких-либо скачкообразных изменений в координатах при переходе между регионами.

Сравнительный анализ точности передачи нормальных высот ГНСС-методами и геометрическим нивелированием II класса

Корректное сравнение методов ГНСС-наблюдений и нивелирования по точности становится возможным при такой схеме наблюдений, которая обеспечивает множественные варианты независимых решений ГНСС из различных комбинаций векторов.

В качестве исходной высотной основы в нашем проекте использовались два высокоточных репера ГВО II класса, погрешность определения которых (в соответствии с данными из каталогов ГВО) не превышает 2 мм. Эти реперы расположены на расстоянии более 130 км друг относительно друга, и на них, как уже отмечалось, также выполнялись ГНСС-измерения.

Рисунок 9 иллюстрирует схему расположения пунктов каркасной сети B052 и B167, рабочих реперов ВОГС W001-W002, W007-W008 и реперов II класса нивелирной сети RPAL и R662.

Для обеспечения независимости определений высот методами ГНСС показанные выше сегменты определялись в разные даты. Вектор, соединяющий пункты каркаса B052 и B167, был определён из обработки наблюдений за 7 суток.

В представленных сегментах связей пространственными векторами ГНСС возникает несколько условий контроля при комбинировании измерений разными полигонами.

При уравнивании векторов с базы B052 на пункты W001-W002 и векторов связей этих пунктов с R662 воз-

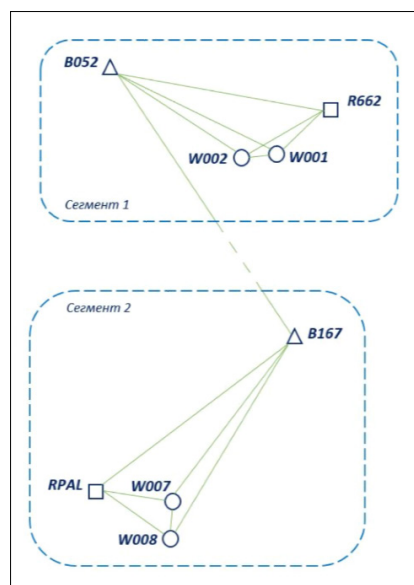


Рис. 9. Схема связей между реперами ГВО и пунктами ВОГС

Таблица 3. Результаты обработки ГНСС-измерений для сегмента 1

№	Пункт	Высотная отметка из уравнивания ГНСС измерений (м)			
		Полигон 1	Полигон 2	Полигон 3	Полигон 4
1	B052	181,4124	181,4115		181,4127
2	W001	186,6019		186,6023	186,6022
3	W002		185,9421	185,9419	185,9419

Таблица 4. Сравнение отметок для пунктов W001–W002

Пункт	Отметка нив. (м)	Отметка ГНСС (м)	Разности (м)	Допуск II класса (м)
W001	186,6019	186,6022	0,0003	0,0089
W002	185,9413	185,9419	0,0006	

Таблица 5. Результаты обработки ГНСС измерений для сегмента 2

№	Пункт	Высотная отметка из уравнивания ГНСС измерений (м)			
		Полигон 1	Полигон 2	Полигон 3	Полигон 4
1	B167	211,3089	211,3078		211,3115
2	W007	259,9727		259,9722	259,9722
3	W008		260,4074	260,4080	260,4080

Таблица 6. Сравнение отметок для пунктов W007–W008

Пункт	Отметка нив. (м)	Отметка ГНСС (м)	Разности (м)	Допуск II класса (м)
W007	259,9740	259,9722	0,0018	0,0057
W008	260,4100	260,4080	0,0020	

Таблица 7. Сравнение отметок, полученных из геометрического нивелирования и ГНСС-методами

Пункт	Отметка ГНСС (м)	Отметка нив. (м)	Разности (мм)
B052	181,4135	181,4127	0,8
B167	211,3078	211,3115	-3,7
R662	195,2811	195,2820	-0,9
RPAL	244,9260	244,9260	0
W001	186,6016	186,6019	-0,3
W002	185,9412	185,9413	-0,1
W007	259,9722	259,9740	-1,8
W008	260,4080	260,4100	-2,0

никает условие четырёх полигонов высотных определений:

- 1) R662–W001–B052–R662 (L=33км);
- 2) R662–W002–B052–R662 (L=33км);
- 3) R662–W002–W001–R662 (L=3.2км);
- 4) R662–B052–W001–W002–R662 (L=33км).

Значения нормальных высот пунктов ВОГС, полученные из обработки ГНСС-измерений для сегмента 1, приведены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, разности высотных определений пунктов

W001 и W002 из разных конфигураций полигонов (коротких и длинных векторов) составили -0,4 мм и +0,2 мм соответственно. Разности высотных определений пунктов W001 и W002 между 3 и 4 вариантом решений не превысили 0,1 мм.

Поскольку 4 вариант решения содержит все пункты ВОГС, включая пункт каркаса, будем его использовать для сравнения результатов высотных определений, полученных из ГНСС-измерений и методом геометрического

го нивелирования II класса. Результаты сравнения приведены в таблице 4.

Аналогичная работа была проделана по сегменту 2. При уравнивании векторов с базы B167 на пункты ВОГС W007–W008 и векторов связей этих пунктов с RPAL возникает условие четырёх полигонов высотных определений:

- 1) RPAL–W007–B167–RPAL (L=85 км);
- 2) RPAL–W008–B167–RPAL (L=85 км);
- 3) RPAL–W007–W008–RPAL (L=2 км);
- 4) RPAL–B167–W007–W008–RPAL (L=85 км).

Значения нормальных высот пунктов ВОГС, полученные из обработки ГНСС-измерений для сегмента 2, приведены в таблице 5.

Как видно из таблицы 5, разности высотных определений пунктов W007 и W008 из разных конфигураций полигонов (коротких и длинных векторов) составили +0,5 мм и -0,6 мм соответственно.

Поскольку 4 вариант решения содержит все пункты ВОГС, включая пункт каркаса, будем его использовать для сравнения результатов высотных определений, полученных из ГНСС-измерений и методом геометрического нивелирования II класса. Результаты сравнения приведены в таблице 6.

Представленные в таблицах 4 и 6 данные контрольных вычислений свидетельствуют о полученной точности ГНСС-измерений в допуске нивелирования II класса во всех комбинациях векторов для обоих локальных сегментов при векторах длиной до 85 км.

Для проверки пригодности ГНСС-метода при передаче отметок на большие расстояния было выполнено совместное уравнивание обоих сегментов и вектора связи базовых станций B052–B167. Конфигурация сети показана на рисунке 9. В качестве исходного был зафиксирован высотный репер RPAL. При уравнивании была использована модель мирового геоида EGM 2008.

Оценка точности уравнивания сети по внутренней сходимости свидетельствует о погрешности определения высот в пределах 1 см для всех пунктов сети общей протяжённостью порядка 130 км.

Высотные отметки, полученные в результате уравнивания этой сети, были сравнены с отметками из геометрического нивелирования с одной оговоркой — для пунктов каркаса

B052 и B167 (расположенных на крышах зданий) определение отметок геометрическим нивелированием не производилось, а в качестве отметок нивелирования были приняты высотные отметки, полученные из решения полигонов №4 (таблицы 3, 5). Результаты сравнения приведены в таблице 7.

Выводы

В результате проведённых исследований апробирована новая методика закладки пунктов ведомственной опорной геодезической сети. Установка металлических марок в качестве центров рабочих реперов ВОГС в бетонные основания элементов дорог позволила значительно снизить затраты на закладку пунктов и одновременно многократно повысить вероятность сохранности этих пунктов на протяжении длительного времени.

Сеансы ГНСС-наблюдений и последующая обработка данных позволили получить высокую точность взаимного положения пунктов ВОГС на уровне нескольких миллиметров как в плане, так и по высоте. Подтверждено, что заложенные в техническое задание для данного проекта требования по длительности и составу ГНСС-наблюдений на пунктах различного назначения являются разумно-достаточными для достижения уровня точности взаимного положения пунктов ВОГС в пределах 1 см.

Выполненная привязка ВОГС к общемировой системе ITRF2008 и государственной единой системе координат ГСК-2011 обеспечила целостность координатного описания линейно-протяжённого объекта. Привязка пунктов ВОГС к местным системам координат Московской области (МСК-50) и Тульской области (МСК-71.1) позволила рассчитать параметры связи между ITRF2008, ГСК-2011 и МСК этих регионов, что обеспечивает возможность осуществления перехода на локальных участках из одной системы в другую и обратно без потери целостности координатного описания всего объекта.

Проложенные ходы геометрического нивелирования II класса между исходными реперами ГВО и вновь заложенными пунктами ВОГС предоставили качественный материал для оценки точности передачи нормальных высот ГНСС-методами. Используемая при уравнивании модель мирового геоида EGM 2008 является достаточной в данных физико-географических условиях местности для редуцирования спутниковых измерений в систему нормальных высот Балтика 77, принятой в Российской Федерации. ГНСС методы способны обеспечить передачу отметок нормальных высот для векторов длиной в десятки и даже сотни километров с точностью, превосходящей возможности геометрического нивелирования высших классов.

Выполненная работа продемонстрировала возможность и целесообразность практиче-

ского применения апробированных методик для создания и развития ВОГС на объектах Государственной компании «Автодор» в целях качественного повышения точности координатного и высотного обеспечения работ по изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог, что особенно важно в контексте реализации концепции BIM (информационного моделирования) [8–13]. ■

Литература:

1. Гулин В.Н., Миронов С.А., Неретин А.А. Проблема обеспечения единого координатного пространства для объектов дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 75–83. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.10
2. Гулин В.Н., Миронов С.А. Обеспечение единого координатного пространства: привязка к государственной системе высот // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 48–53. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.8
3. ГКИНП (ГНТА)–03–010–03. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. Утверждена приказом Роскартографии 25.12.2003 г. № 181-пр.
4. Scripps Orbit and Permanent Array Center. SECTOR: Scripps Epoch Coordinate Tool and Online Resource. URL: <http://sopac.ucsd.edu/sector.shtml> (дата обращения 27.05.2016).
5. Система HIVE3. Все базовые станции через единый интерфейс. URL: <http://hive.geosystems.aero/> (дата обращения 27.05.2016).
6. NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration. National Geodetic Survey. Antenna Calibrations. URL: <http://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/> (дата обращения 27.05.2016).
7. Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90.11). Справочный документ. Военно-топографическое управление Генерального штаба вооружённых сил Российской Федерации. М., 2014.
8. Попов В.А., Бойков В.Н. Об информационных моделях дорог в технической политике Госкомпании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.2
9. Сковцов 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
10. Сковцов 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
11. Сковцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1
12. Сковцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1
13. Бойков В.Н., Неретин А.А., Сковцов А.В. Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.5

Информационное моделирование при разработке проектной документации

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.2

Лигоцкий А.Н., руководитель проекта ОАО «Союздорпроект» (г. Москва)

Рассматривается практический опыт ОАО «Союздорпроект» в разработке проектной документации с применением технологии информационного моделирования. Описана технологическая цепочка проектирования от создания модели инженерных изысканий с последующей разработкой документации на стадиях «П» и «Р» и дальнейшей передачей модели на этап эксплуатации в виде ГИС. Рассматривается среда общих данных как один из ключевых элементов технологии информационного моделирования.

Введение

Регулярное увеличение темпов транспортного строительства, всё возрастающая конкуренция на рынке проектно-изыскательских услуг, изменившийся набор инструментов САПР и мировая практика стимулируют проектные организации на поиск новых методов проектирования. Одной из самых обсуждаемых технологий в последние годы является технология информационного моделирования (BIM).

BIM — это не только современные программные продукты, это новая технология и подход к работе изыскателей, проектировщиков, строителей и специалистов по эксплуатации автомобильных дорог [1, 2].

ОАО «Институт по проектированию и изысканиям автомобильных дорог «Союздорпроект» — одна из ведущих профильных организаций в Российской Федерации. Наш институт взял за основу осознание и, как результат, освоение основ информационного моделирования в проектной деятельности, в чём видит и свой дальнейший прогресс, и конкурентные преимущества на рынке дорожных проектно-изыскательских работ. Данная статья отражает наше понимание этого процесса и информирует профессиональное сообщество о первых практических шагах в этом направлении.

По проектам института было построено более 123 тысяч километров автомобильных дорог и 120 километров больших мостов в Советском Союзе, современной России и за рубежом. В частности, запроектированы федеральные трассы М-1 «Беларусь», М-2 «Крым», М-5 «Урал», М-7 «Волга», М-8 «Холмогоры», а также реконструирована МКАД.

В настоящее время одним из приоритетных направлений работы института является проектирование платных федеральных автомобильных дорог. Деятельность ОАО «Союздорпроект» охватывает все регионы России с самыми разными климатическими и геологическими условиями.

Наша деятельность включает в себя полный комплекс работ, связанных с жизненным циклом автомобильной дороги, — от инженерных и экономических изысканий до проектов будущих капитальных ремонтов и реконструкций.

К числу последних глобальных проектов ОАО «Союздорпроект» относится скоростная автомагистраль М-11 Москва — Санкт-Петербург (рис. 1), Центральная кольцевая автомобильная дорога Московской области (ЦКАД), реконструкция основных участков трасс М-3 «Украина» (рис. 2) и М-4 «Дон» для эксплуатации на платной основе. Кроме того, институт готовит про-



Рис. 1. Участок скоростной автомагистрали М-11, «Обход Вышневолочка»



Рис. 2. Автомобильная дорога М-3 «Украина»

ектную документацию по планировке территорий и созданию геоинформационных систем для управления автомобильными дорогами, а также концессионные соглашения для открытия новых государственно-частных партнёрств в дорожной отрасли.

Технология BIM

Наш институт всегда вёл научную деятельность, в том числе в сфере систем автоматизированного проектирования. Первой САПР в строительной отрасли стала система автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР-АД). Первые программы, составленные ОАО «Союздорпроект» для электронно-вычислительных машин, были выпущены ещё в начале 70-х годов прошлого века. Они предназначались для решения задач расчёта координат плана трассы, увязывания элементов продольного профиля, проектирования виражей, подсчёта объёмов земляных работ, расчётов скоростей. В дорожной отрасли Советского Союза подобная система разрабатывалась впервые. САПР-АД (1975–1990 гг.) создавалась на базе современных научно-технических методов и средств автоматизированного проектирования. В ней заложена новая технология работ на основе комплексной автоматизации с применением экономико-математических методов, аэрометодов и ЭВМ [3].

Современным развитием технологий САПР стала технология информационного моделирования (BIM), которая обеспечивает информационную поддержку на всех этапах жизненного цикла объекта (рис. 3) [4, 5].

Сфера нашей деятельности охватывает все этапы жизненного цикла от создания моделей до последующей детализации и передачи заказчику, и мы крайне заинтересованы в их полноценном функционировании. Технология информационного моделирования помогает делать работу на высоком профессиональном уровне и при этом эффективно использовать человеческие и временные ресурсы.

Ключевыми моментами технологии для нас являются:

- коллективная работа в среде общих данных, возможность интеграции рабочих групп и публикации проектных моделей для экспертизы и заказчика;
- поддержка механизма рецензирования (комментирование замечаний к модели и документации между заказчиком, экспертизой, генподрядчиком и субподрядчиками);

- САПР, поддерживающие технологию параметрического 3D-моделирования и проверки качества модели (оценка коллизий);
- унификация форматов моделей для передачи между этапами жизненного цикла объекта, позволяющая избежать повторного моделирования и многократного переиздания документации.

Программное обеспечение

На сегодняшний день на рынке существует большое количество компаний, предлагающих свои решения по технологии информационного моделирования. Многие из них обладают широкими функциональными возможностями и даже поддерживают отдельные элементы информационного моделирования.

Мы постоянно взаимодействуем с производителями программного



Рис. 3. Жизненный цикл автомобильной дороги

Рис. 4.
Технологическая
цепочка



обеспечения, тестируем их продукты и выбираем лучшие решения. Используя линейки современных продуктов импортного и отечественного производства, создаём собственный «конвейер» информационного моделирования автомобильных дорог (рис. 4).

Основными поставщиками программных продуктов на российском рынке являются компании Autodesk и Bentley, имеющие в своей линейке программы для проектирования автомобильных дорог и искусственных сооружений. Так, используя связку продуктов компании Autodesk (Infraworks, Civil 3D, Revit, Navisworks), можно создать эскизную модель на стадии ТЭО в Infraworks, передать её на следующий этап, где, используя Civil 3D и Revit, запроектировать автомобильную дорогу и искусственные сооружения на ней и далее передать в Navisworks на экспертизу проекта и связи модели с календарно-сетевым планированием для управления строительством. В качестве среды общих данных используется Autodesk Valut.

В своей работе мы активно обращаемся к продуктам отечественных производителей, таких как ООО «ИндорСофт», ООО «Кредо-Диалог», НПФ «Топоматик», которые во многом не уступают по функционалу признанным лидерам, а в чём-то даже их превосходят. Использование российских разработок обусловлено тем, что в их основе лежат нормы и стандарты, иногда существенно отличающиеся от зарубежных. Также немаловажным для нас является соотношение «цена/качество», которое даёт отечественным продуктам конкурентное преимущество [6].

Опыт применения

Одним из проектов, выполненных по технологии информационного моделирования, является проект «Подключение к улично-дорожной сети г. Санкт-Петербурга (продолжение Софийской улицы) к скоростной автомобильной дороге М-11 Москва — Санкт-Петербург с устройством

транспортных развязок». По сути, это связка со скоростной платной автодорогой М-11, проектная документация на которую разрабатывалась в составе документации на 8-й этап (интервал 646–684 км). Заказчиком являлась государственная компания «Российские автомобильные дороги». Объект отнесён на вторую очередь строительства (рис. 5).

Проектируемый объект находится в черте Санкт-Петербурга на территории Пушкинского муниципального района. В настоящее время он относится к категории сельскохозяйственных мелиорированных земель, в перспективе предназначенных под промышленную (логистическую) и жилую малоэтажную застройку.

В состав объекта вошла четырёхполосная основная дорога длиной чуть более 3 км, три транспортные развязки и четыре путепровода. Расчётная скорость — 100 км/ч.

Основной сложностью при проектировании являлась необходимость связать три параллельные автомобильные дороги, которые изобилуют коммуникациями и мелиорационными полями (М-11, Московское шоссе и Софийскую улицу), обеспечив съезд с двух последних на международную трассу.

Чтобы реализовать этот проект, было решено применить технологию информационного моделирования и современные методы изысканий. В качестве основного программного обеспечения проекта использовалась отечественная САПР IndorCAD компании «ИндорСофт» (г. Томск).

Рассмотрим основные стадии разработки проектной документации и возможности применения технологии информационного моделирования при проектировании объектов транспортной инфраструктуры.

Инженерные изыскания

В основе любого проекта лежат инженерные изыскания, от полноты и качества которых зависит, насколько точно будет выполнен проект. Мы

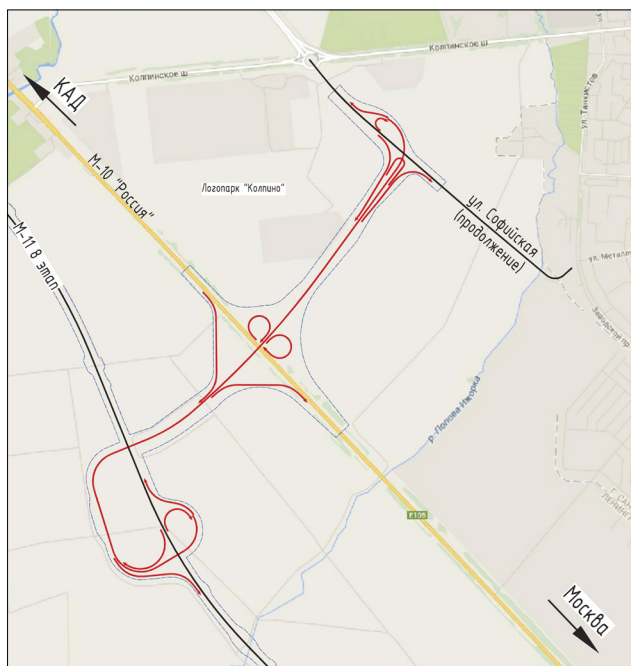


Рис. 5. Проект «Подключение к улично-дорожной сети г. Санкт-Петербурга (продолжение Софийской улицы) к скоростной автомобильной дороге М-11 Москва — Санкт-Петербург с устройством транспортных развязок». Общий вид

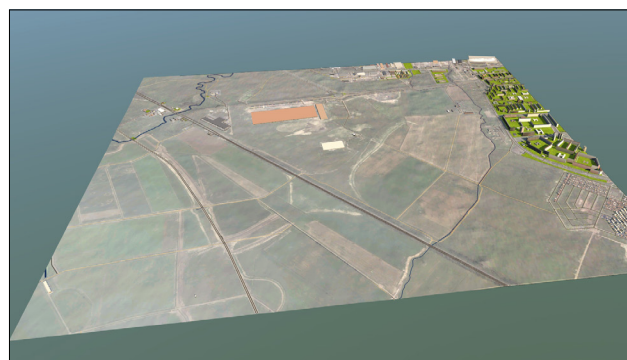


Рис. 6. Цифровая модель местности (ЦММ)

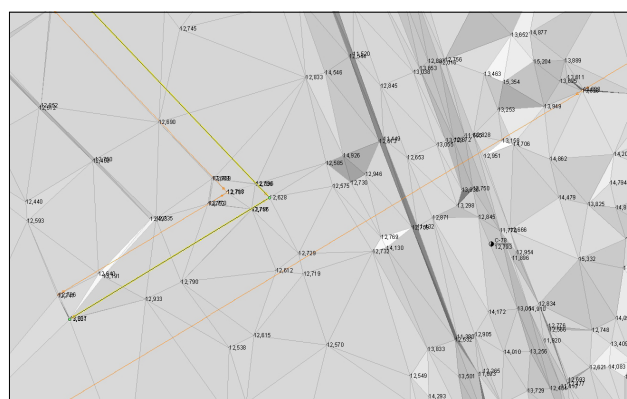


Рис. 7. Триангуляционная поверхность земли в информационной модели

Первичные материалы инженерных изысканий вносятся в среду общих данных и сразу становятся доступны рабочим группам, обрабатывающим их. На первом этапе это позволяет создавать цифровую модель рельефа, местности и геологии.

широко применяем в работе современные методы изысканий: наземное и воздушное лазерное сканирование, георадарное зондирование, современные достижения инженерно-геологических изысканий и данные с различных специализированных спутников.

Первичные материалы инженерных изысканий вносятся в среду общих данных и сразу становятся доступны рабочим группам, обрабатывающим их. На первом этапе это позволяет создавать цифровую модель рельефа, местности и геологии.

Единая трёхмерная информационная модель наиболее адекватна при выборе оптимального проектного решения в сравнении с применением традиционных материалов — топографических планов, отдельных томов геологических, гидрологических и иных изысканий.

При разработке технико-экономического обоснования технология информационного моделирования позволяет быстро прорабатывать различные варианты расположения будущего объекта (будь то автомобильная дорога, развязка или пункт взимания платы) и проводить сравнение всех вариантов в автоматическом режиме. В качестве исходных данных на этом этапе достаточно использовать открытые источники информации: аэрофотосъёмку, дистанционное зондирование земной поверхности, данные Росреестра и пр. В результате мы можем предоставить заказчику концептуальную наглядную модель сравниваемых вариантов для анализа и обсуждения (рис. 6).

В данном проекте модель инженерных изысканий была представлена в виде триангуляционной модели, по-

лученной на основе облака точек, на которую были спроецированы данные аэрофотосъёмки и планировочные решения территории. Геология была также представлена в виде трёхмерной информационной модели, построенной на основе данных о выработках отдельных скважин, которые интерполированы между собой. Данные по коммуникациям загружались в виде трёхмерных элементов и содержали информацию об их координатах, в том числе о глубине заложения и высоте, типах и размерах коммуникаций (рис. 7).

Проектирование

В дальнейшем концептуальная модель и модель инженерных изысканий передаются на этап проектирования, где и создаётся информационная модель будущей дороги.

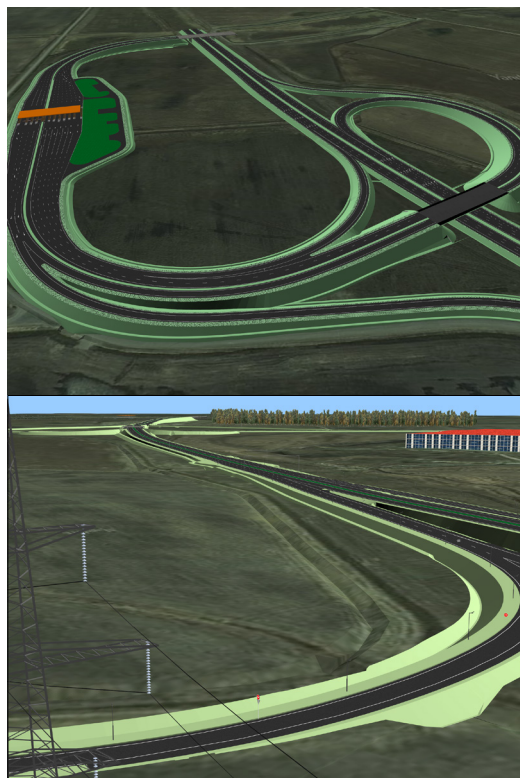


Рис. 8. Информационная модель объекта

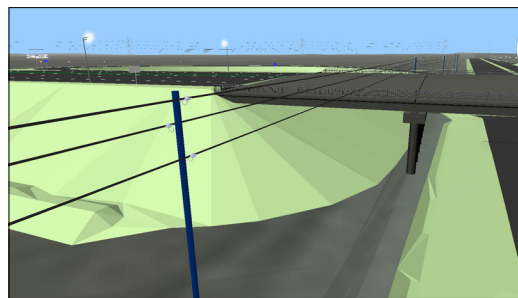


Рис. 9. Существующая линия электропередачи, требующая переустройства

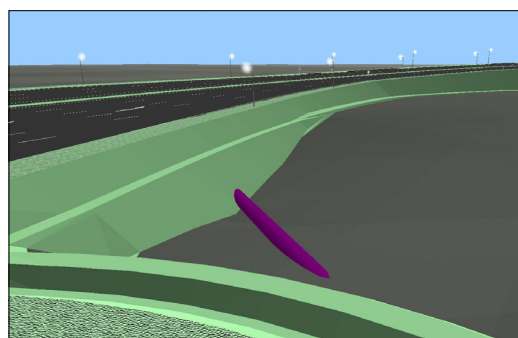


Рис. 10. Существующий трубопровод, проложенный с явным конфликтом

Итак, мы взяли за основу эту модель и инструментами IndorCAD запроектировали дорожное полотно, переходно-скоростные полосы, систему водоотвода и прочие элементы обустройства.

В чём же отличие информационной модели от обычной твердотельной трёхмерной модели? Главным образом в том, что первая оперирует проектными сущностями: трассой, телом земляного полотна, дорожной одеждой, комплексными моделями искусственных сооружений, элементами обустройства. Они описываются стандартизованными параметрами, принятыми в проектировании, и отображаются в масштабе 1:1 в едином трёхмерном пространстве. Проектировщик работает с геометрией и параметрами, а выходные чертежи, ведомости и сметы генерируются автоматически (рис. 8).

Работа с моделью позволяет сразу оценивать качество проектных решений, выявляя коллизии и конфликты взаимного положения элементов, особенно принадлежащих разным дисциплинам. Оценка коллизий даёт возможность мгновенно оценить и устранить конструктивные проблемы, которые при традиционной работе с чертежами обнаружатся только на этапе строительства и потребуют существенных дополнительных затрат на решение и отступление от изначального проекта. Средства информационного моделирования позволяют также сразу выявить в модели ошибки водоотвода, проанализировать видимость, причём не только традиционными

способами (в плане и профиле), но и в трёхмерном пространстве с учётом всех препятствий. Имитационное моделирование при работе с информационной моделью позволяет учитывать габариты потенциальных транспортных средств для создания правильных примыканий и обоснования габаритов искусственных сооружений (рис. 9, 10) [7].

Применение информационного моделирования существенно снижает затраты и время выпуска готовой документации. Проектировщику при поступлении замечаний достаточно скорректировать участок модели — и вся документация автоматически корректируется в соответствии с новыми объёмами, сами построятся чертежи, ведомости и сметы.

В процессе создания информационной модели объекта была наработана библиотека типовых конструкций (пролёты, опоры, фундаменты, элементы водоотвода, элементы обустройства дороги), которую мы будем активно применять и дополнять при разработке других проектов.

Рабочая документация

Качественно созданная на стадии «П» модель значительно облегчает последующее создание рабочей документации, т.к. по сути она уже содержит в себе всю необходимую информацию, которую нужно доработать в соответствии с текущей ситуацией, возможностями и потребностями подрядчика. Снижение ошибок и коллизий,

выявленных на стадии «П», позволяет избежать значительных финансовых и временных затрат на этапе строительства и разработки РД [1, 8]. А если всё-таки изменения необходимо внести, это делается без особых трудозатрат, поскольку модель динамичная, чертежи и ведомости пересчитываются автоматически.

Передача информационной модели на этап строительства также является важным фактором повышения качества выполнения работ, их полного соответствия графикам, технологическим картам и геометрии проектного решения.

При переходе к этапу строительства модель может быть использована как источник данных о проектных поверхностях для роботизированной дорожной техники (бульдозеры, грейдеры, асфальтоукладчики), при этом обеспечивая точное воспроизведение слоёв укладки грунта и дорожной одежды практически без участия человека (рис. 11).

Непосредственно на модели можно отслеживать исполнение календарно-сетевого графика работ, автоматически формировать исполнительную документацию, производственные задания и локальные сметы. Строительный контроль, применяя модель в своей работе, может сверять объёмы и соответствие фактически выполненным работ. Все отступления от проекта вносятся в модель и согласовываются в среде общих данных [9].

И вот объект построен и сдан в эксплуатацию. Что же дальше?

Эксплуатация

Традиционно проектная документация сдаётся в архив, а на смену ей приходит ворох разрозненных бумажных документов: паспорта дороги, искусственных сооружений, объектов недвижимого имущества, проект организации дорожного движения и т.д. Эти документы сложно поддерживать в актуальном состоянии и вносить изменения одновременно во все копии, хранящиеся в разных подразделениях заказчика. О каком-то общем доступе и речи быть не может.

Поэтому для эффективного управления автомобильными дорогами эксплуатирующие организации создают специализированные геоинформационные системы, хранящие в себе всю информацию об объекте и обеспечивающие поддержку в принятии управленческих решений.

Созданная на предыдущих этапах жизненного цикла информационная модель объекта интегрируется в геоинформационную модель этой дороги (рис. 12). Таким образом, эксплуатация построенного объекта осуществляется не с «чистого листа», а сразу с полной трёхмерной модели в ГИС с готовыми ведомостями и проектом содержания, организации движения и т.д. База всегда поддерживается в актуальном состоянии, доступ к ней имеют все заинтересованные лица.



Рис. 11. Применение модели проектной поверхности в САУ ДСТ

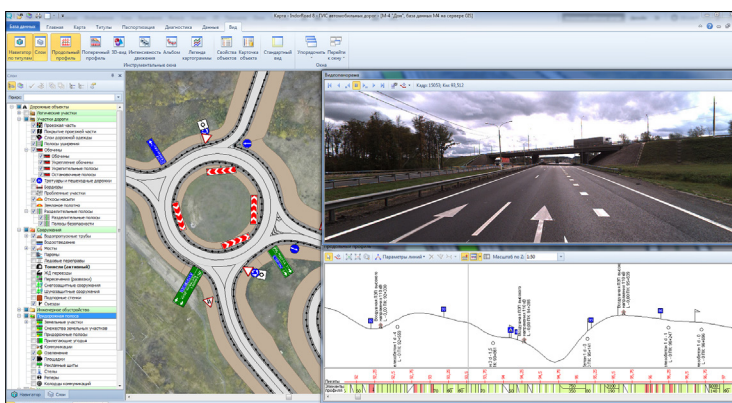


Рис. 12. Геоинформационная система для управления автомобильной дорогой IndorRoad

На основе данных геоинформационной системы ведётся учёт недвижимости и имущества, планируются ремонты и отслеживаются гарантийные обязательства [10].

Среда общих данных

Ключевым моментом технологии информационного моделирования является согласованная командная работа всех участников процесса. Реализовать её позволяет создание так называемой среды общих данных.

Среда общих данных объединяет на базе облачного хранилища информационные модели разных дисциплин (дорога, обустройство, искусственные сооружения, коммуникации, подготовка территории и пр.), с ней и её частями одновременно могут работать несколько десятков человек. Например, заказчик и экспертиза могут оценивать трёхмерную информационную модель с помощью современных средств имитационного моделирования, давать комментарии, делать замечания и отслеживать их выполнение прямо на модели (рис. 13) [11, 12].

Какие же конкурентные преимущества эта технология даёт проектировщику?

- Соответствие запросам рынка и государственных заказчиков.



Рис. 13. Среда общих данных

- Существенное сокращение количества ошибок за счёт совместной работы специалистов разных дисциплин на основе единой модели.
- Меньше запросов на изменения по сравнению с традиционными проектами.
- Улучшенная коммуникация между участниками проекта.
- Более сильный фокус на дисциплине как на этапе проектирования, так и на этапе строительства.
- Более простые отношения с заказчиком.
- Более упорядоченный поток данных на разных этапах — легко внедрять в базу данных и обновлять старые системы.

Заключение

Первый пилотный проект позволил нам увидеть перспективность технологии информационного моделирования. Можно с уверенностью сказать, что за данной технологией будущее. О какой-то экономической эффективности пока говорить рано, для этого необходимо кардинально изменить подход к проектированию и управлению проектами. На основе полученного опыта мы разработали стратегию внедрения технологии информационного моделирования в организации. В ближайшем будущем мы планируем создать стандарт предприятия, модернизировать техническую базу, организовать работу по наполнению базы данных конструктивных элементов, передать опыт рабочей группы другим сотрудникам нашего института и использовать эту технологию как основополагающую.

Опыт российских компаний, внедривших технологию информацион-

ного моделирования, показывает, что она позволяет до 30% сократить сроки проектирования, до 30% снизить стоимость строительства, на 5–10% уменьшить стоимость эксплуатации объекта [1]. Уже сегодня есть прецеденты включения BIM-технологии в тендерную документацию на проектирование и изыскания как обязательной к применению будущим подрядчиком [13]. Конечно, наибольший эффект можно получить при использовании BIM-технологии в контрактах жизненного цикла. Единый инвестор-заказчик ещё на стадии планирования может с высокой точностью определить стоимость будущего объекта, сроки реализации, количество необходимых материальных и людских ресурсов, спланировать бюджет на весь срок реализации проекта, определить экономическую эффективность своих вложений и минимизировать риски, связанные с ошибками планирования. ■

Литература:

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
2. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 1,6–7. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.1
3. Институт «Союздорпроект». Опыт становления и развития теории, практики, процесса и опыта проектирования. Киев: Издательство «Информавтодор», 1998. С. 281–312.
4. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2
5. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. 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

6. Кривых И.В., Мирза Н.С. Обзор зарубежных САПР автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 68–77. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.11
7. 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
8. Сарычев Д.С. Информационное моделирование при разработке проектной и рабочей документации // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 20–24. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.3
9. Бойков В.Н., Неретин А.А., Скворцов А.В. Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.5
10. Шамраев Л.Г., Лигоцкий А.Н. Совершенствование ГИС автомобильной дороги М-4 «Дон» Государственной компании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 64–66. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.13
11. BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information — Code of practice. 2007. 38 p.
12. Скворцов А.В. Общая среда данных как ключевой элемент информационного моделирования автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 37–41. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.6
13. Елугачёв П.А., Елугачёв М.А. Подготовка технического задания в концепции информационного моделирования дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 42–46. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.7



RS Company

3D проектирование объектов
транспортной инфраструктуры

**Проектируем объекты
транспортной инфраструктуры
любой сложности
и формируем
качественную 3D-модель
готового объекта.**

*3D-модель (эскизное проектирование
выполнено в Autodesk InfraWorks
с использованием открытых данных)*

реклама

Возьмём на себя рутинные задачи:

- проектирование автомобильных дорог;
- подсчёт объёмов;
- расчёт дорожных одежд.

Представим 3D-модель готового решения:

- эскизное проектирование в Autodesk InfraWorks;
- визуализация и наложение текстур в 3ds Max;
- сборка модели в Navisworks Simulate.

Поможем в получении положительных заключений экспертиз:

- проверка объёмов, существующей проектно-сметной документации, проектных решений;
- предложения по оптимизации.

Ваши сложные задачи — наша работа!

+7 (916) 179-45-25

 www.road-sc.ru

 info@road-sc.ru



Автоматизированная технология изысканий в строительном контроле

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.3

Сарычев Д.С.,
к.т.н., директор по развитию ООО «ИндорСофт» (г. Томск)
Скворцов А.В.,
д.т.н., профессор, генеральный директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматривается группа задач строительного контроля на автомобильных дорогах. Приводится описание современных методов высокоточной съёмки, позволяющей выполнять сплошные геодезические изыскания на объектах строительства. Показывается, что использование технологии информационного моделирования на этапе строительства позволяет обеспечить скоростной строительный контроль в части соблюдения геометрии и объёмов строительного объекта, а также автоматически получить исполнительную съёмку в виде информационной модели дороги, передаваемой на этап эксплуатации.

Введение

Строительный контроль проводится в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства в целях проверки соответствия выполняемых работ проектной документации, требованиям технических регламентов, результатам инженерных изысканий, требованиям градостроительного плана земельного участка [1].

Основной целью осуществления строительного контроля федеральных автомобильных дорог является недопущение приёмки дорожно-строительных работ, выполненных с нарушением требований проектной документации, утверждённой в установленном порядке [2].





Рис. 1. Беспилотный квадрокоптер



Рис. 2. Наземный лазерный сканер

Задачи строительного контроля

Формально строительный контроль решает следующие задачи:

- оценка соответствия качества строительства, реконструкции или капитального ремонта проектным требованиям, в том числе проведение контрольных измерений и испытаний готовых конструкций, а также применяемых материалов и изделий;
- осуществление надзора за соблюдением технологических правил производства работ, в том числе проведение инструментального контроля соблюдения технологических карт, схем и регламентов;
- проведение промежуточной приёмки ответственных конструкций и освидетельствования скрытых работ, а также участие в приёмке законченных строительством, реконструкцией или капитальным ремонтом объектов;
- составление отчётов по результатам проведённого строительного контроля на объектах строительства, реконструкции или капитального ремонта и своевременное информирование заказчика обо всех нарушениях, выявленных при осуществлении строительного контроля.

В техническом плане эти задачи сводятся к следующим мероприятиям.

1. Установление факта выполнения работ — устанавливается визуально.
2. Измерение и оценка фактических строительных объёмов (грунтов,

асфальта и пр.) — производится средствами геодезической съёмки.

3. Измерение фактических отметок, геометрии элементов дорог и конструкций и сопоставление с проектной и рабочей документацией — производится средствами геодезической съёмки.
4. Оценка качества материалов и готовых строительных элементов — производится путём сбора проб, лабораторных испытаний образцов и методами неразрушающего контроля.

В настоящий момент 100% (тотальный) контроль по всем пунктам не производится, так как это очень трудозатратно. Поэтому производится только выборочный контроль. Современные технологии автоматической съёмки позволяют существенно автоматизировать мероприятия 1–3 и выполнять тотальный строительный контроль на объекте силами одного-двух человек.

Современные системы съёмки

В настоящее время широкое распространение получают автоматизированные системы геодезической съёмки. При работе на строительной площадке самыми перспективными системами признаны лазерное сканирование и аэрофотосъёмка беспи-

лотными летательными аппаратами (рис. 1, 2).

Данные системы позволяют в автоматическом режиме получать высокоточную трёхмерную модель местности и объекта строительства в кратчайшие сроки: в течение суток на объекте протяжённостью несколько километров (рис. 3).

Для обеспечения автоматизации процесса оценки соответствия полученной трёхмерной модели и проектной документации необходима система, которая должна содержать в себе:

- базовую цифровую модель дороги (эталонная модель, полученная на этапе разработки проектной и рабочей документации); модель должна быть спозиционирована в точные глобальные координаты; семейство моделей для множества строительных объектов целесообразно хранить централизованно в геоинформационной системе (ГИС) автомобильных дорог;
- модель технологического процесса эксплуатации (МТПЭ) дороги (например, стадии ремонта — как на каждой стадии ремонта должна выглядеть дорога); ПОС и ППР для ремонтов и содержания предлагается подготавливать в современных дорожных САПР и визуализировать в ГИС; параллельно

Современные технологии автоматической съёмки позволяют существенно автоматизировать мероприятия (...) и выполнять тотальный строительный контроль на объекте силами одного-двух человек.

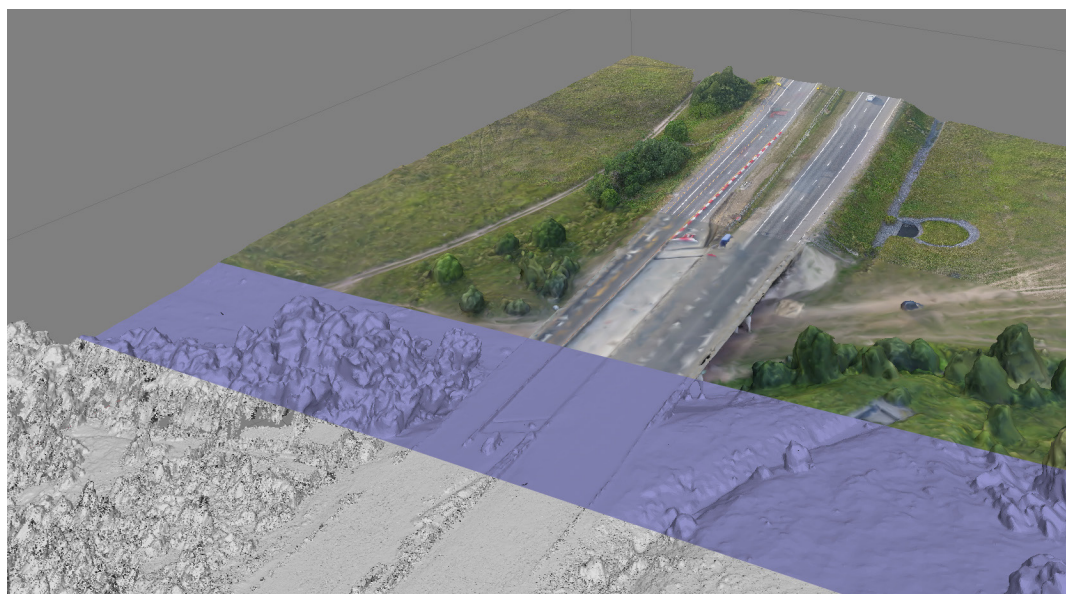


Рис. 3. Автоматически построенная трёхмерная модель ремонтируемого мостового сооружения: облако точек сканирования, твердотельная модель, текстурированная модель, параметризованная модель

В настоящий момент строительный контроль выполняется выборочно, так как нет возможности быстро и недорого выполнить тотальную съёмку и проверить объёмы и качество работ.

можно визуализировать реальное текущее состояние процесса (вплоть до наложения оперативной телеметрии перемещения дорожной техники на карте);

- набор характеристик и описаний недопустимых артефактов (например, габариты ям, несоответствующие уклоны, отсутствие разметки и т.п.); данная задача может эффективно решаться в рамках модернизации автоматизированного банка дорожных данных АБДД «Дорога» (хранящего данные диагностики и состояния дорог и базирующегося на той же ГИС автомобильных дорог).

Современный сценарий строительного контроля

Рассмотрим сценарий строительного контроля с применением предлагаемых автоматизированных систем.

1. Начинается ремонт участка дороги. На требуемом этапе для аудита производства работ по ремонту дороги на ремонтируемый участок выезжает контрольная группа. На месте запускается БПЛА, который, пролетая по заранее заданному маршруту, производит аэрофотосъёмку и лазерную съёмку.

2. Далее контрольная группа передаёт данные съёмки по каналам связи специалистам для обработки данных в камеральных условиях. Специалисты в автоматизированном режиме выявляют отклонение текущего положения элементов дороги от эталонной модели, а также определяют, на какой фактической стадии ремонта (или другого этапа) находится дорога.

3. Результаты сопоставления в виде отчёта пересылаются Заказчику.

Данный сценарий ложится на существующую практику строительного контроля, существенно его совершенствуя. В настоящий момент строительный контроль выполняется выборочно, так как нет возможности быстро и недорого выполнить тотальную съёмку и проверить объёмы и качество работ.

В то же время для работы по такому сценарию необходимо серьёзно совершенствовать регламент всех этапов жизненного цикла:

- изысканий (получение исходной ЦММ, загрузка модели в центральное хранилище);
- проектирования (использование исходной ЦММ для определения конструктива, объёмов, ПОС и ППР и формирования проектной ЦММ дороги и передачи снова в центральное хранилище);
- строительно-монтажные работы (использование проектной ЦММ для автоматизированной дорожной техники, например грейдеров, укладчиков);
- строительный контроль (выполнение, по сути, тотальной исполнительной съёмки (ис-

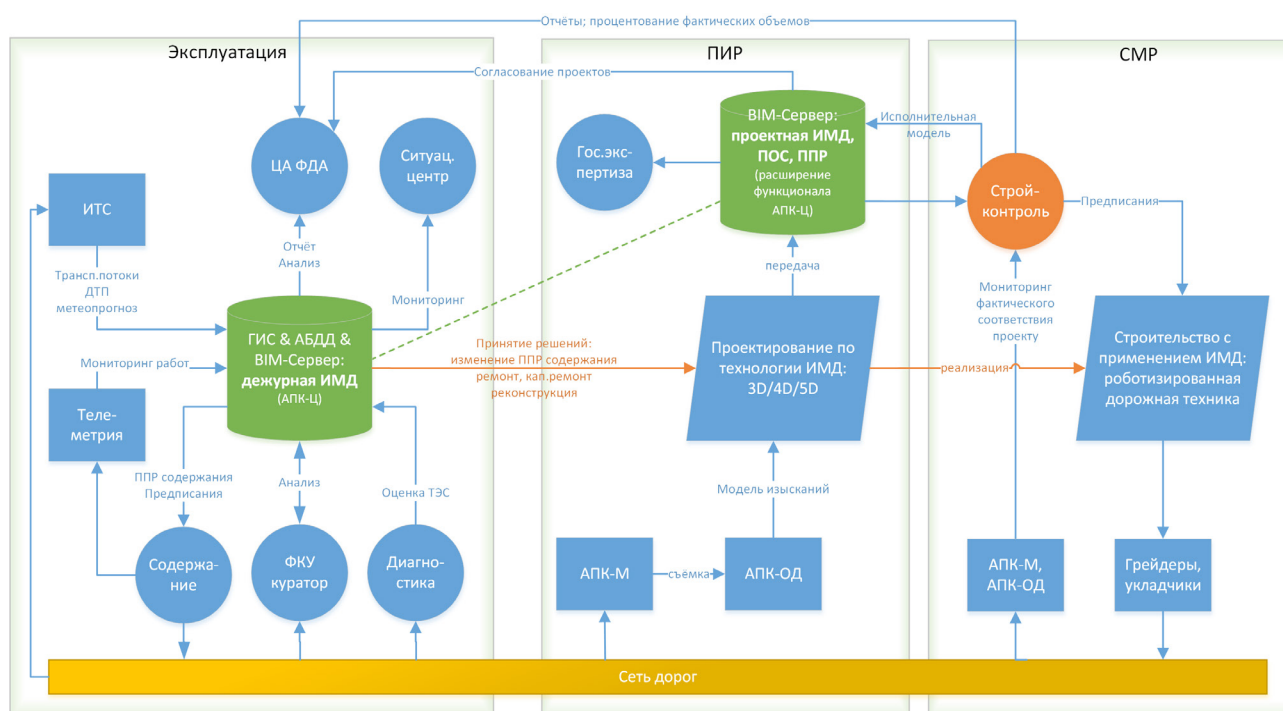


Рис. 4. Жизненный цикл автомобильных дорог и информационные потоки

полнительная модель) и её автоматическое сравнение с проектной моделью);

- содержание (использование исполнительной модели, очень точной и актуальной, при планировании (ПОС и ППР содержания) и отслеживании работ по содержанию на основании телеметрии от подрядчиков, проверок кураторов и иных оперативных источников данных).

На рисунке 4 представлен вариант жизненного цикла автомобильных дорог и информационные потоки между этапами и автоматизированными системами.

Первое, что потребуется, это получить проектную модель в виде ИМД (информационной модели дороги). В составе ИМД должны присутствовать МТП (модели технологического процесса — цифровое представление проекта производства работ) в виде 4D–5D информационной модели. Для этого необходимо предусматривать подготовку ИМД при проектировании [3]. Пилотные проекты ведутся Государственной компании «Российские автомобильные дороги», и первые результаты уже докладывались научному сообществу [4].

Второе — это средства съёмки. Для адекватного строительного контроля необходима точность высотных отметок не хуже 3 мм в абсолютной системе координат. На сегодняшний день такая точность достижима современными технологиями лазерного сканирования [5].


Геометрические отклонения от проектной модели можно выявлять автоматизированно. Лабораторный же контроль пока остаётся руч-

ным и выборочным, но его также целесообразно интегрировать в процесс, привязать к модели и максимально оцифровать.

Таким образом, технически такая система для автоматизированного строительного контроля с применением информационных моделей дорог в техническом плане осуществима. ■

Литература:

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации, 2015.
2. ОДМ 218.7.001–2009. Рекомендации по осуществлению строительного контроля на федеральных автомобильных дорогах.
3. Сковцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1
4. Бойков В.Н., Неретин А.А., Сковцов А.В. Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.5
5. Сарычев Д.С. Обработка данных лазерного сканирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 16–19. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.4



Обзор британских стандартов семейства PAS 1192

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.4

Баранник С.В., главный специалист ООО «Автодор-Инжиниринг» (г. Москва)

Приведён обзор существующих BIM-стандартов Великобритании. Дано краткое описание PAS 1192-2:2013 и PAS 1192-3:2014. Предложены переводы британских документов на русский язык.

Введение

В настоящее время мировая строительная отрасль проходит через процесс серьёзной трансформации, связанной с отказом от традиционных методов проектирования и строительства, подразумевающих передачу проектной информации в бумажном виде, в пользу инновационных способов реализации проектов. Строительные проекты по своему характеру являются чрезвычайно насыщенными информацией. Их растущая сложность, отсутствие необходимой информации для принятия решений в нужное время, нарастающее давление по срокам в условиях традиционных методов реализации отчасти объясняют крайне низкую эффективность отрасли в целом. Постепенный повсеместный переход на технологии информационного моделирования зданий и сооружений

(BIM-технологии) стал ответом на необходимость сбора, учёта и обработки значительных объёмов информации в процессе проектирования, строительства и эксплуатации объектов капитального строительства и последующую (иногда многократную) корректировку данных в процессе реализации проекта [1].

Широкое применение BIM-технологий в США, ряде развитых стран Европы и Азии объясняется в первую очередь тем, что их продвижением занимаются не только отдельные заинтересованные компании, научные центры и профессиональные ассоциации, но и государство. При этом государство выступает как в роли регулятора в части разработки и утверждения нормативных правовых и нормативно-технических документов, создающих необходимую нормативную инфраструктуру для реализации проектов с применением технологий информационного моделирования (например, прохождения экспертизы, осуществления государственного строительного надзора и пр.), так и в роли заказчика, определяющего применение технологий информационного моделирования в качестве требований для получения государственного заказа в целях повышения эффективности расходования бюджетных средств на реализацию инвестиционно-строительных проектов [1].

В Российской Федерации многие организации уже используют (или лишь заявляют, что используют) BIM в своей работе [2, 3]. И считается,

что ключевым документом в любой организации, переходящей на рельсы информационного моделирования, должен быть BIM-стандарт организации [4]. При разработке собственных BIM-стандартов активно используется опыт зарубежных коллег. Рассмотрим состав стандартов Великобритании, как одной из стран — лидеров по внедрению BIM.

Стандарты Великобритании

Стандарты Великобритании в области BIM разрабатываются Британским институтом стандартов (BSI). Статусы разработанных документов по информационному моделированию следующие: BS (British standard) — Британский стандарт и PAS (Publicly Available Specification), наиболее близким вариантом которого в РФ является Проект стандарта. Такая интерпретация следует из описания: процесс создания PAS не требует длительного согласования и утверждения в отличие от Британского стандарта. Данный подход позволяет быстро разработать документ, удовлетворяющий нуждам отрасли. В дальнейшем развитие PAS может рассматриваться в качестве Британского стандарта или стать вкладом Европейского или Международного стандарта [3].

Ниже представлен список Британских стандартов и Проектов стандартов по информационному моделированию с переводом названий на русский язык.

- BS 1192:2007+A2:2016. Британский стандарт. Совместное производство архитектурной, инженерной и строительной информации. Свод правил.
- PAS 1192-2:2013. Проект стандарта для управления информацией на этапе капитального строительства с использованием информационного моделирования.
- PAS 1192-3:2014. Проект стандарта для управления информацией на этапе эксплуатации объекта с использованием информационного моделирования.
- BS 1192-4:2014. Британский стандарт. Совместное производство информации. Выполнение требований заказчика к информационному обмену с использованием COBie. Свод правил.
- PAS 1192-5:2015. Проект стандарта по информационной безопасности для информационного моделирования, цифровой среды общих данных и умного управления активами.
- BS 8536-1:2015. Британский стандарт. Инструкция для проектирования и строительства. Свод правил для управления объектами (строительная инфраструктура).

Наиболее часто в работах, связанных с информационным моделированием, упоминается стандарт BS 1192:2007. Однако при детальном изучении данного документа вы не найдёте достаточно информации об информационном мо-

делировании, термины BIM (Building Information Modelling, информационное моделирование зданий), AIM (Asset Information Model, информационная модель объекта) и PIM (Project Information Model, информационная модель проекта) в совокупности упоминаются в документе всего 5 раз. Это связано с тем, что стандарт BS 1192:2007 посвящён только организации среды общих данных (СОД), преимущественно на базе файлового хранилища. Таким образом, при изучении опыта английских коллег предлагается уделить большее внимание прикладным документам PAS 1192-2:2013 и PAS 1192-3:2014.

Управление информацией на этапе капитального строительства с использованием информационного моделирования

Данный общедоступный Проект стандарта определяет требования для достижения 2-го уровня информационного моделирования (BIM). Требования, предъявляемые в рамках данного Проекта стандарта, опираются на существующие нормы и правила совместного производства архитектурной, инженерной и конструкторской информации, определённые в BS 1192:2007. PAS 1192-2 уделяет особое внимание реализации проектов, для которых большинство документов, графических и неграфических данных, известных под общим названием «информационная модель проекта» (PIM), накапливается в результате проектных и строительных работ.

В целевую аудиторию этого Проекта стандарта входят организации и лица, ответственные за закупки, проектирование, строительство, поставки, эксплуатацию и техническое обслуживание зданий и объектов инфраструктуры.

Требования данного Проекта стандарта начинаются с точки оценки (для существующих объектов) или с рассмотрения необходимости объекта (для нового строительства), далее постепенно работа проходит через различные этапы цикла предоставления информации (рис. 1) и завершается выпуском информационной модели построенного объекта (AIM). Результат передаётся заказчику подрядчиком после того, как исполнительная съёмка сверена с PIM [5].

Управление информацией на этапе эксплуатации объекта с использованием информационного моделирования

PAS 1192-3:2014 тесно связан с PAS 1192-2:2013, в нём имеется множество ссылок на информационное моделирование на этапе капитального строительства. Проект стандарта определяет требования к информационному управлению для достижения 2-го уровня информационного

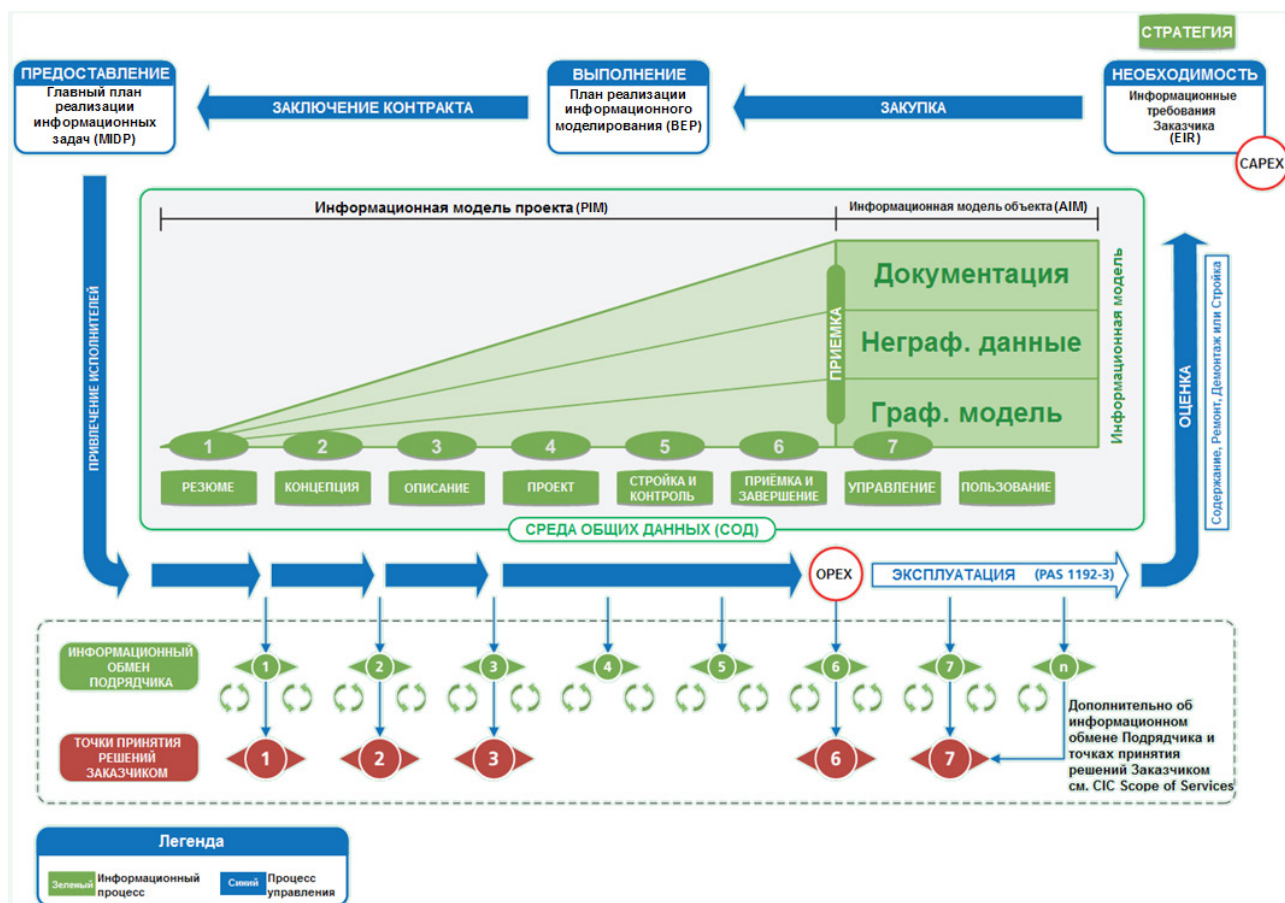


Рис. 1. Информационные потоки и цикл управления проектом

моделирования (BIM) по отношению к эксплуатации и техническому обслуживанию объектов (зданий и инфраструктуры).

Охватываются процессы передачи данных:

- создание информационной модели объекта (AIM) для существующего объекта или портфеля объектов;
- обмен информацией об объекте с информационной моделью проекта (PIM);
- запись информации, относящейся к утилизации, выводу из эксплуатации и сносу объекта;
- использование AIM для поддержки организационных требований;
- пересмотр AIM, когда объект изменился;
- использование AIM в качестве ресурса для организации.

Проект стандарта предназначен для использования организациями и физическими лицами, ответственными за эксплуатацию, техническое обслу-

живание и стратегическое управление объектами. Он будет полезен для лиц, участвующих в передаче данных из PIM в AIM, используемую организацией, а также для лиц, участвующих в обмене данными на протяжении всего срока службы объекта [6].

Проект стандарта определяет требования к управлению информацией на этапе эксплуатации объектов четырьмя разными способами.

1. Определяются процессы информационного управления, с помощью которых данные и информация, указанные через организационные и информационные требования к объекту, помещаются и извлекаются из AIM и передаются или используются в существующих корпоративных системах там, где это необходимо, для поддержки организационных информационных требований (OIR).
2. Определяется объединённая модель, которая содержит данные

и информацию, необходимые для AIM, и объясняется взаимосвязь с PIM, которая определена в PAS 1192-2.

3. Определяется природа и типы данных и информации, которые будут использоваться в информационных обменах в пределах AIM.
4. В Проекте стандарта даётся два детализированных примера процессов для реализации среды общих данных по BS 1192 для различных видов деятельности, связанных с объектами.

Кроме того, показано, как ответственность на высоком уровне может быть распределена между различными заинтересованными сторонами, участвующими в процессах управления информацией. При этом признаётся, что окончательно обязательства определяются в договорах и заказах на выполнение работ.

Распределение обязанностей между частными лицами и организациями зависит от сложности объекта или




Рис. 2. Обеспечение управления и точности данных и информации на этапе эксплуатации объекта

портфеля и системы управления объектами организации (рис. 2). Целью Проекта стандарта не является создание новых позиций в команде по управлению объектами, однако организации может быть необходим анализ разрывов (GAP-анализ), чтобы оценить существующую квалификацию с учётом требований, определённых в данном Проекте стандарта [6].

Заключение

Стандарты играют важную роль в обеспечении более широкого применения технологий BIM, процессов и совместной работы, гарантируя, что одинаковые точные данные будут доступны всей цепочке исполнителей. PAS 1192-2:2013 и PAS 1192-3:2014 играют важную роль в принятии цифровых технологий в области управления объектами и организации производства, которые представляют такую большую и важную часть сектора строительной среды. Ознакомиться с тек-

СТОМ ЭТИХ ДОКУМЕНТОВ НА РУССКОМ ЯЗЫ-
КЕ МОЖНО НА САЙТЕ himstandart.ru. 

Литература:

1. Гинзбург А.В., Семернин Д.А., Кисель Т.Н. Оценка применения BIM-технологий в строительстве: Отчёт о работе по договору 32-С/02-16 от 10 февраля 2016 г. М.: Институт экономики, управления и информационных систем в строительстве и недвижимости (ИЭУИС), 2016. 51 с.
2. Попов В.А., Бойков В.Н. Об информационных моделях дорог в технической политике Госкомпании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.2
3. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.3
4. Российские и международные BIM-стандарты // Социальная сеть для делового общения LinkedIn. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/российские-и-международные-bim-стандарты-сергей-баранник> (дата обращения: 17.10.2016).

5. PAS 1192-2:2013 (рус.) // BIM-стандарты Великобритании на русском языке.
URL: <http://bimstandart.ru> (дата обращения: 17.10.2016).
6. PAS 1192-3:2014 (рус.) // BIM-стандарты Великобритании на русском языке.
URL: <http://bimstandart.ru> (дата обращения: 17.10.2016).

Новые BIM-инструменты в IndorCAD

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.5

Снежко И.В., руководитель информационно-аналитического отдела
ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

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

*В статье рассматриваются новые возможности системы IndorCAD,
направленные на поддержку этапа проектирования в жизненном цикле
объекта инфраструктуры и основных принципов концепции
информационного моделирования.*



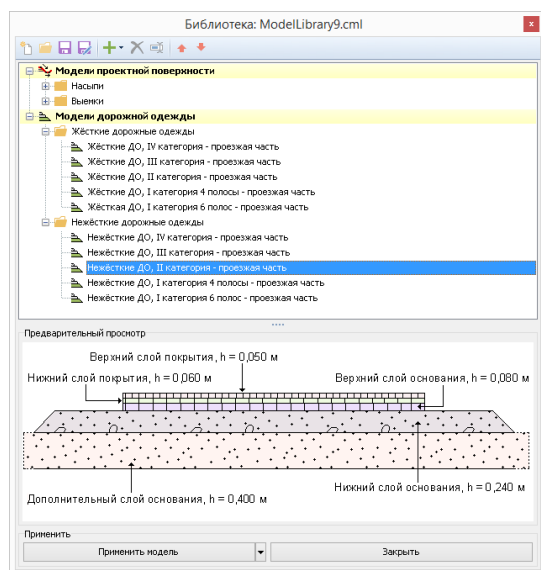


Рис. 1. Структура моделей в библиотеке конструкций дорожных одежд

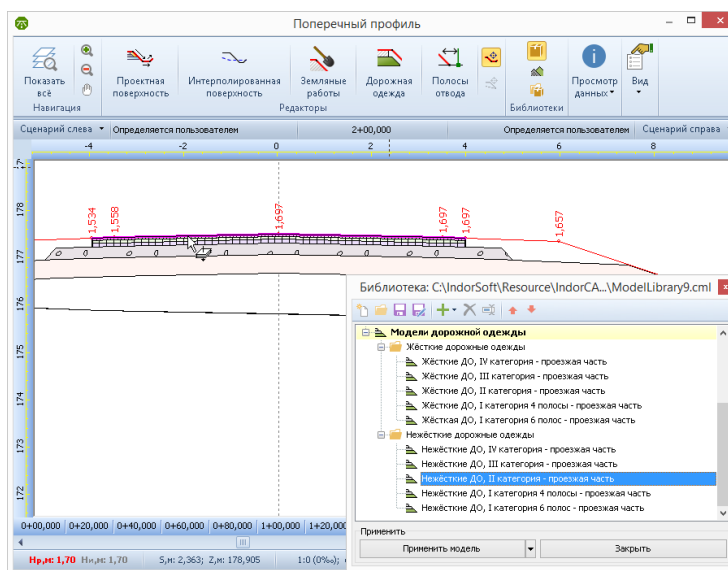


Рис. 2. Применение конструкции дорожной одежды на поперечном профиле

Введение

Система проектирования IndorCAD [1] является ключевым программным продуктом компании «ИндорСофт» для реализации этапа проектирования объекта инфраструктуры в рамках жизненного цикла объекта строительства [2, 3]. IndorCAD — динамично развивающаяся система, которая удовлетворяет современным требованиям разработки проектов. Помимо общих требований рынка и востребованных задач инженеров-проектировщиков, которые непременно учитываются при расширении функционала системы, совершенствование IndorCAD осуществляется в соответствии с общей стратегией развития линейки программных продуктов компании «ИндорСофт», направленной в первую очередь на реализацию концепции информационного моделирования на протяжении всего жизненного цикла автомобильной дороги.

Новые возможности системы представлены следующими блоками:

- новые библиотеки типовых решений;
- новые средства автоматизации — построение типовых конструкций по заданным правилам;
- новые возможности по оформлению 3D-сцен;
- поддержка стандартизированных форматов обмена данными.

Новые библиотеки типовых решений

В системе IndorCAD многие этапы проектирования выполняются на основе библиотек уже готовых типовых решений. Это существенно ускоряет процесс разработки проекта и к тому же позволяет избежать многих ошибок при проектировании. Перечислим некоторые из этих библиотек.

- Библиотека типовых поперечных профилей проезжей части и земляного полотна автомобильных дорог (СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85*», ГОСТ Р 52399–2005 «Геометрические элементы автомобильных дорог»).
- Библиотека типовых поперечных профилей проезжей части и земляного полотна городских улиц (СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89*», Рекомендации по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений).
- Библиотека типовых проектных решений отгонов виражей (Типовые проектные решения 503–0–45 «Элементы автомобильных дорог на закруглениях — ви-

ражи, уширения проезжей части, переходные кривые»).

- Библиотека технических условий с марками дорожных ограждений (ГОСТ 26804–2012 «Ограждения дорожные металлические барьерного типа. Технические условия»).
- Библиотека дорожных знаков (ГОСТ Р 52290–2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования»).
- Библиотека дорожной разметки (ГОСТ Р 51256–2011 «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования»).
- Библиотека материалов дорожной одежды. Более 800 различных материалов с заданными физико-механическими свойствами (ГОСТ 9128–2009 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия» и др.) [4].
- Библиотека типовых конструкций водопропускных труб (более 10 типовых альбомов для круглых и прямоугольных труб, труб из гофрированного металла [5]).

В этой статье мы дадим обзор двух новых библиотек, которые предназначены для моделирования дорожной одежды в системе IndorCAD.

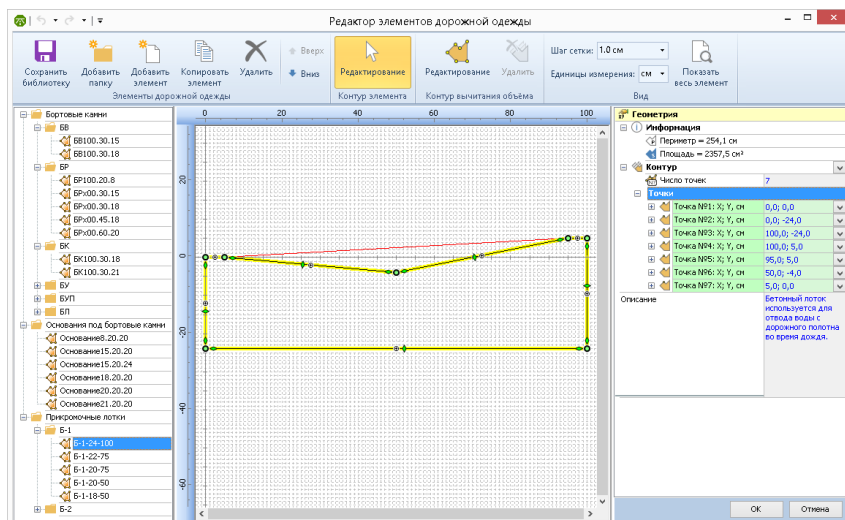


Рис. 3. Библиотека элементов дорожной одежды

Библиотека конструкций дорожных одежд

Пользователям IndorCAD хорошо известны функции системы для моделирования конструкций дорожных одежд, разнообразие настроек и гибкость которых позволяют создавать конструкции любой сложности: для дорог с одной или несколькими проезжими частями, тротуарами и местными проездами, для случаев уширения существующей дорожной одежды, ремонта и реконструкции дорог.

Теперь в системе имеется наполненная библиотека типовых конструкций в соответствии с документом Серия 3.503-71/88 «Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования». Конструкции сгруппированы в библиотеке по типу дорожной одежды: жёсткие или нежёсткие дорожные одежды. Внутри каждой группы есть конструкции для I, II, III и IV категорий автомобильной дороги. Если выделить конструкцию в библиотеке, то в области предпросмотра отображается структура слоёв в конструкции (рис. 1).

Отдельными элементами в библиотеке представлены конструкции для укрепления обочин и разделительных полос.

Для применения конструкции дорожной одежды достаточно выбрать её в библиотеке и перетащить мышью в рабочую область, где отображается поперечный профиль (рис. 2).

Как и другие библиотеки типовых решений в IndorCAD, библиотека конструкций дорожной одежды является расширяемой — в неё можно сохра-

нить собственные конструктивные решения и использовать их в дальнейшем.

Библиотека элементов дорожной одежды

Библиотека элементов дорожной одежды призвана сделать намного более удобной работу с такими объектами, как бортовые камни, прикромочные лотки и другие подобные объекты. Теперь создание таких элементов сводится к выбору подходящего элемента из библиотеки, которая наполнена элементами согласно документам «ГОСТ 6665–91. Камни бетонные и железобетонные бортовые» и «Серия 3.503.1–66. Лоток прикромочный» (рис. 3).

Добавление элемента в конструкцию дорожной одежды на поперечном профиле сводится к выбору нужного элемента из библиотеки. Положение элемента на поперечном профиле задаётся с помощью точки привязки, которая определяется непосредственно в библиотеке элементов.

При необходимости библиотека может быть дополнена другими элементами произвольной конфигурации, например парапетными ограждениями, подпорными стенками и прочими элементами. Делается это в удобном редакторе с помощью привычного пользователям режима редактирования контура фигур через управляющие точки и сегменты. Новые элементы могут быть созданы с нуля или на основе уже имеющихся и удобным способом сгруппированы по папкам.

Также отметим, что по всем элементам, включая созданные вручную, могут быть сформированы ведомости с объёмами.

Новые средства автоматизации

Формируемая в системе IndorCAD модель проекта является параметризированной, что подразумевает создание и автоматическое обновление модели по заданным правилам и возможность вносить изменения в модель в любое время [1]. Все инструменты автоматизации, позволяющие выполнять типовые рутинные операции, реализованы в соответствии с этой концепцией. Новые возможности для

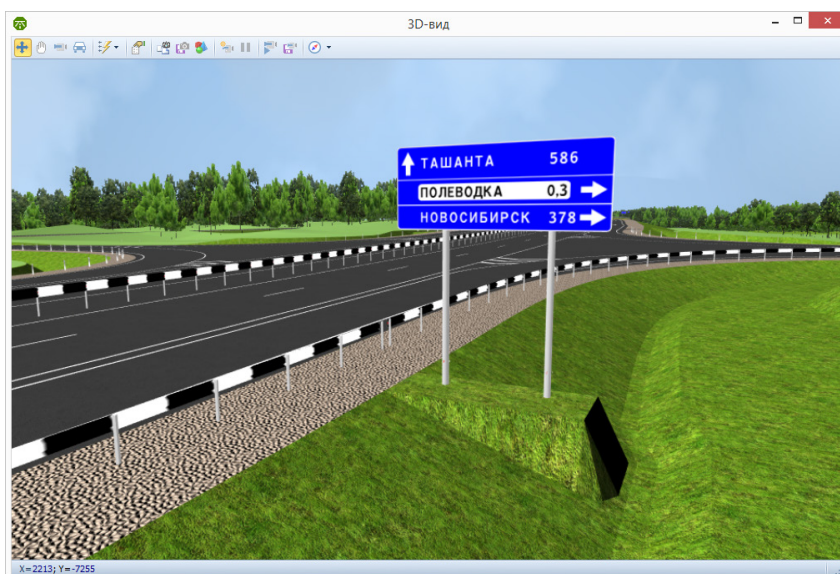


Рис. 4. Отображение присыпной бермы под дорожный знак в окне 3D-вида

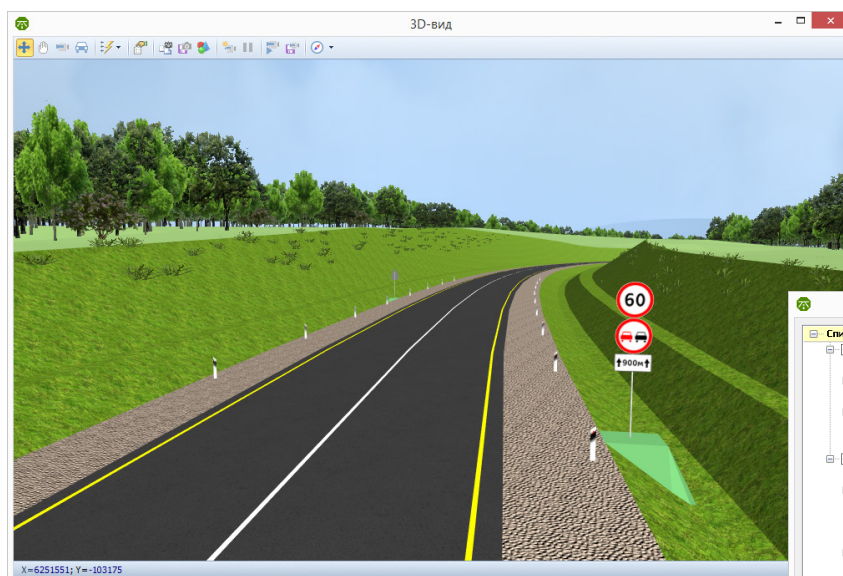
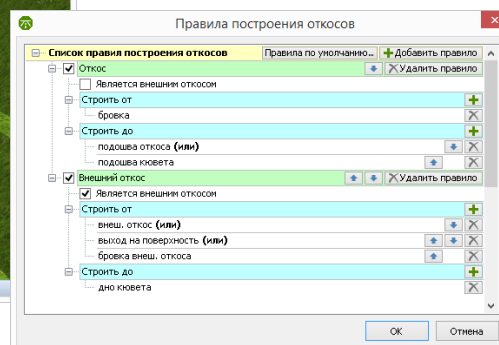


Рис. 5. Полка на внешнем откосе для обеспечения видимости

Рис. 6. Редактор для формирования правил построения проектных откосов



Новые возможности для автоматизации рутинных процессов представлены инструментами для создания присыпных бERM под дорожные знаки и автоматическим созданием полок на откосах для обеспечения видимости при движении в выемке.

автоматизации рутинных процессов представлены инструментами для создания присыпных бERM под дорожные знаки и автоматическим созданием полок на откосах для обеспечения видимости при движении в выемке.

Бермы

Дорожные знаки на загородных дорогах, как правило, размещаются на присыпных бERмах. Теперь в системе IndorCAD для создания бERM реализован новый объект с индивидуальным набором параметров, и создать бERму на откосе можно одним щелчком мыши. При создании бERмы можно сразу указать её размер, выбрав из списка типовых размеров нужный. БЕРма отображается на плане, в поперечном профиле и окне 3D-вида (рис. 4), на основании геометрии бERмы автоматически рассчитывается её объём и площадь откосов. По всем бERмам, созданным на трассе, формируется ведомость с подробной информацией (расположение, объём и пр.).

Как и другие объекты автоматизации в системе IndorCAD, бЕРмы обновляются сразу же после изменения каких-либо исходных данных — размеры бERмы, геометрия трассы в месте расположения бERмы и пр.

Полки на выемках

Особой задачей при проектировании загородных дорог является обеспечение видимости при движении на кривых в глубоких выемках. Как правило, видимость в таких условиях обеспечи-

вается за счёт создания полок переменной ширины на откосе с внутренней стороны кривой. Теперь такие полки система создаёт автоматически, анализируя исходные данные на участке проектирования (рис. 5).

Программа сама определяет нужную ширину полки в зависимости от расчётной скорости, требуемого расстояния видимости и радиуса кривой в плане. Полка встраивается в действующий сценарий построения откосов и кюветов и обновляется по своим правилам при изменении исходных данных — геометрии трассы, условий движения и пр.

Построение проектных откосов

Формировании проектной поверхности дороги сопровождается построением откосов и обозначением их специальными условными знаками на плане. Чтобы можно было учесть все случаи нанесения штриховки, например, на высоких насыпях с полками или на составных откосах с участками разных заложений, добавлена возможность настраивать правила построения откосов. В специальном редакторе можно явно задать набор элементов откоса и описать способ их построения (рис. 6).

Оформление 3D-сцен

Формирование 3D-сцен в системе IndorCAD не требует специальных навыков работы от инженера-проектировщика и доступна всем пользователям системы. Для создания 3D-сцен широко



Рис. 7. Примеры 3D-объектов и их настраиваемые свойства

используется встроенная библиотека 3D-объектов [6]. В ней имеются объекты для благоустройства территории (рекламные щиты, скамейки, урны, киоски, ларьки и пр.), спортивные объекты (волейбольная и хоккейная площадки и пр.), объекты автомобильных дорог (остановка, шлагбаумы, светофоры и пр.).

За последнее время библиотека была существенно расширена новыми, востребованными 3D-объектами, среди которых — ригельные и пространственные Г-, Т- и П-образные опоры для дорожных знаков и светофоров, пешеходная лестница, дождеприёмный колодец, новые виды светофоров и другие объекты.

Внешний вид объектов теперь можно задавать, просто настраивая значения нужных свойств в инспекторе объектов. К тому же был пересмотрен и значительно расширен набор настраиваемых параметров 3D-объектов. Так, для светофора можно настроить продолжительность отдельных сигналов и всего цикла, а также установить сдвиг в секундах для основного и дополнительных сигналов. Такая детализация позволяет создавать реалистичные светофорные объекты с взаимовязанными фазами всех светофоров.

Для создания наглядных презентационных материалов можно использовать новые возможности по текстурированию и увеличению отображаемой зоны поверхности. Как

правило, подробная геодезическая съёмка выполняется в узкой зоне вдоль проектируемого объекта — по данным этой съёмки строится существующая поверхность, отображаемая в 3D-виде. Однако, для эффектного представления 3D-сцены желательно видеть существенно большую площадь вокруг объекта. Сделать это в IndorCAD очень просто, если для проекта задана правильная картографическая проекция. Данные о рельефе поверхности могут быть получены из интернета — для этого достаточно задать зоны «расширения» существующей поверхности. Таким образом можно построить поверхность даже для тех участков, где не была выполнена геодезическая съёмка. При включении соответствующей опции данные о рельефе подгружаются и добавляются «вокруг» уже имеющейся модели поверхности. Однако нужно иметь в виду, что подгруженные данные представляют довольно «грубую» модель поверхности и поэтому носят исключительно информационный характер (отметки в точках округлены до 1 м, расстояние между точками около 90 м — такие данные предоставляются в открытом доступе в интернете). Далее для презентационных целей эту поверхность можно дополнительно текстурировать изображением карты из интернета.

Обмен данными

Для разработки проектов в концепции информационного моделирова-

ния 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 [1, 7, 8]. Система IndorCAD развивается с учётом этих требований и предоставляет пользователям широкие возможности по обмену данными с другими программными продуктами.

Помимо привычных всем способов обмена данными, например с использованием текстовых файлов, на текущий момент в системе IndorCAD доступны следующие форматы обмена данными.

DWG

Формат DWG, несмотря на то что изначально был закрытым форматом системы AutoCAD, сейчас имеет открытую версию, разрабатываемую международным консорциумом Open Design Alliance (www.opendesign.com) в составе 1300 компаний. Этот формат в настоящее время является стандартом де-факто для представления чертежей различного назначения [9].

В системе IndorCAD реализован импорт данных из файлов в формате DWG или DXF. Можно импортировать непосредственно файл с данными о поверхности или же импортировать

DWG-файл как подложку и затем извлечь из неё все необходимые объекты, преобразовав их в объекты системы IndorCAD. Также возможен импорт трёхмерных объектов из DWG-файлов.

Помимо того, что любой чертёж, формируемый системой IndorCAD, можно сохранить в формате DWG, отдельные виды объектов могут быть экспортированы в файлы DWG: триангуляция, горизонталы, объекты ситуации, структурные линии, трассы и т.д. Не так давно появилась возможность выгрузки всей 3D-сцены в формат DWG, включая объекты инженерного оборудования, мосты и т.д.

LandXML

Формат LandXML предназначен в первую очередь для обмена данными с Autodesk Civil 3D, а также с другими системами, которые умеют сохранять свои данные в этом формате и читать его. В IndorCAD можно импортировать поверхности из файла LandXML, также можно сохранить любую из поверхностей в файл LandXML для дальнейшего использования в других программных продуктах.

Шейп-файлы

Шейп-файлы — это наиболее распространённый формат для обмена данными с геоинформационными системами. В IndorCAD могут быть загружены объекты из шейп-файлов и сразу преобразованы в объекты IndorCAD. Также можно экспортировать многие объекты в шейп-файлы (точки, линии, объекты ситуации, трассы, полосы отвода и др.). Экспорт данных в шейп-файлы для ГИС возможен как в прямоугольной системе координат (X, Y, Z), так и в географических координатах (широта, долгота, высота).

OBJ

OBJ — это общепринятый формат файлов описания 3D-геометрии, разработанный в Wavefront Technologies и поддерживаемый большинством 3D-редакторов. При оформлении 3D-сцен в системе IndorCAD можно использовать объекты, сохранённые в формате OBJ. Для этого их достаточно импортировать в систему и расположить в нужном месте на поверхности любого слоя.

Результат визуализации (все отображаемые в 3D-сцене объекты) можно экспортировать из IndorCAD в формат

...современным САПР уже недостаточно просто предоставлять инструменты для решения инженерных задач в области проектирования, а необходимо обладать большим функционалом, позволяющим полноценно сопровождать жизненный цикл автомобильной дороги на этапе проектирования и строительства.

OBJ для финального оформления, например, в Autodesk 3ds Max.

IFC

IFC (Industry Foundation Classes) — формат данных с открытой спецификацией, разработанный buildingSMART (International Alliance for Interoperability, IAI) для упрощения взаимодействия в строительной индустрии.

В системе IndorCAD реализован импорт описаний объектов в формате IFC — поверхности (формат IFC Terrains, часть разрабатываемого IFC 5), геометрия трассы: план и профиль (формат IFC Alignment 1.0), различные 3D-объекты: мосты, здания, надземные пешеходные переходы, автобусные павильоны и др. (формат IFC 2x3). Используя формат IFC, можно импортировать в IndorCAD здания и мосты из других САПР, где могут быть запроектированы такие объекты и затем сохранены в формат IFC.

Многие объекты проекта IndorCAD можно экспортировать в формат IFC для их дальнейшего использования в других программных продуктах — триангуляция, геометрия трассы, 3D-объекты.

Заключение

Для того чтобы оставаться востребованными на рынке программных решений, современным САПР уже недостаточно просто предоставлять инструменты для решения инженерных задач в области проектирования, а необходимо обладать большим функционалом, позволяющим полноценно сопровождать жизненный цикл автомобильной дороги на этапе проектирования и строительства. Основной вектор развития системы автоматизированного проектирования IndorCAD в контексте общей стратегии развития линейки программных продуктов компании «ИндорСофт» направлен именно в эту сторону. При этом система IndorCAD по-прежнему остаётся

открытой для своих пользователей и в ней своевременно учитываются конструктивные предложения пользователей и появляются новые инструменты для автоматизации рутинных операций при проектировании. ■

Литература:

1. Петренко Д.А., Субботин С.А. BIM-решения «ИндорСофт» для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 100–107. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.15
2. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1
3. 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
4. Неретин А.А., Рукавишников Е.Е. Сравнительное испытание программного обеспечения для расчёта конструкций дорожных одежд // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 25–30. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.6
5. 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
6. Райкова Л.С., Анисимов С.С., Петренко Д.А. 3D-визуализация как современная технология повышения качества проектных решений // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 20–24. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.5
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. Скворцов А.В. Общая среда данных как ключевой элемент информационного моделирования автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 37–41. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.6

IndorCulvert как надёжный инструмент для проектирования водопропускных труб

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.6

Райкова Л.С., системный аналитик ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Снежко И.В., руководитель информационно-аналитического отдела ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Шаймарданов М.Ш., ведущий программист ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Приводится обзор системы проектирования водопропускных труб IndorCulvert. Описываются характерные особенности системы и её преимущества для проектировщика.

Система проектирования водопропускных труб IndorCulvert — одна из самых «молодых» разработок компании «ИндорСофт». Первая версия была выпущена осенью 2015 года, и с тех пор система IndorCulvert уже успела получить положительную оценку и распространение у пользователей. Система активно развивается, добавляются новые функции и оптимизируются уже существующие. Также ведётся работа над расширением списка поддерживаемых типовых альбомов. Так, если первоначальный выпуск поддерживал только 4 типовых альбома (в основном для проектирования круглых железобетонных труб), то на данный момент в системе представлены также прямоугольные и гофрированные трубы.

Поддерживаемые типовые альбомы:

- Серия 3.501.1-144. Трубы водопропускные круглые с плоским опиранием железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог.
- Серия 3.501.1-144. Трубы водопропускные бесфундаментные круглые железобетонные сборные для автомобильных дорог.
- Шифр 1484. Трубы водопропускные круглые железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог.
- Серия 503-7-015.90. Трубы водопропускные круглые железобетонные из длинномерных звеньев.

- Серия 3.501.3-183.01. Трубы водопропускные круглые из гофрированного металла для железных и автомобильных дорог.
- Серия 3.501.3-185.03. Конструкции из гофрированного металла с гофром 150x150 мм для железных и автомобильных дорог.
- Шифр 2175РЧ. Трубы водопропускные железобетонные круглые с плоским опиранием для железнодорожных и автомобильных дорог.
- Серия 3.501.1-177.93. Трубы водопропускные железобетонные прямоугольные сборные для железных и автомобильных дорог.
- Шифр 57-368. Водопропускные дорожные трубы из полуколец.
- СТО 59589554-005-2012. Стеклопластиковые трубы.

В этой статье рассматриваются характерные особенности системы IndorCulvert, выделяющие её на фоне аналогов [1] и позволяющие в перспективе стать незаменимым инструментом для инженера-проектировщика.

Вариантное проектирование

Современный подход к проектированию подразумевает разработку нескольких вариантов конструкций трубы в рамках одного проекта — это позволяет сравнить полученные конструктивные решения и выбрать наиболее перспек-

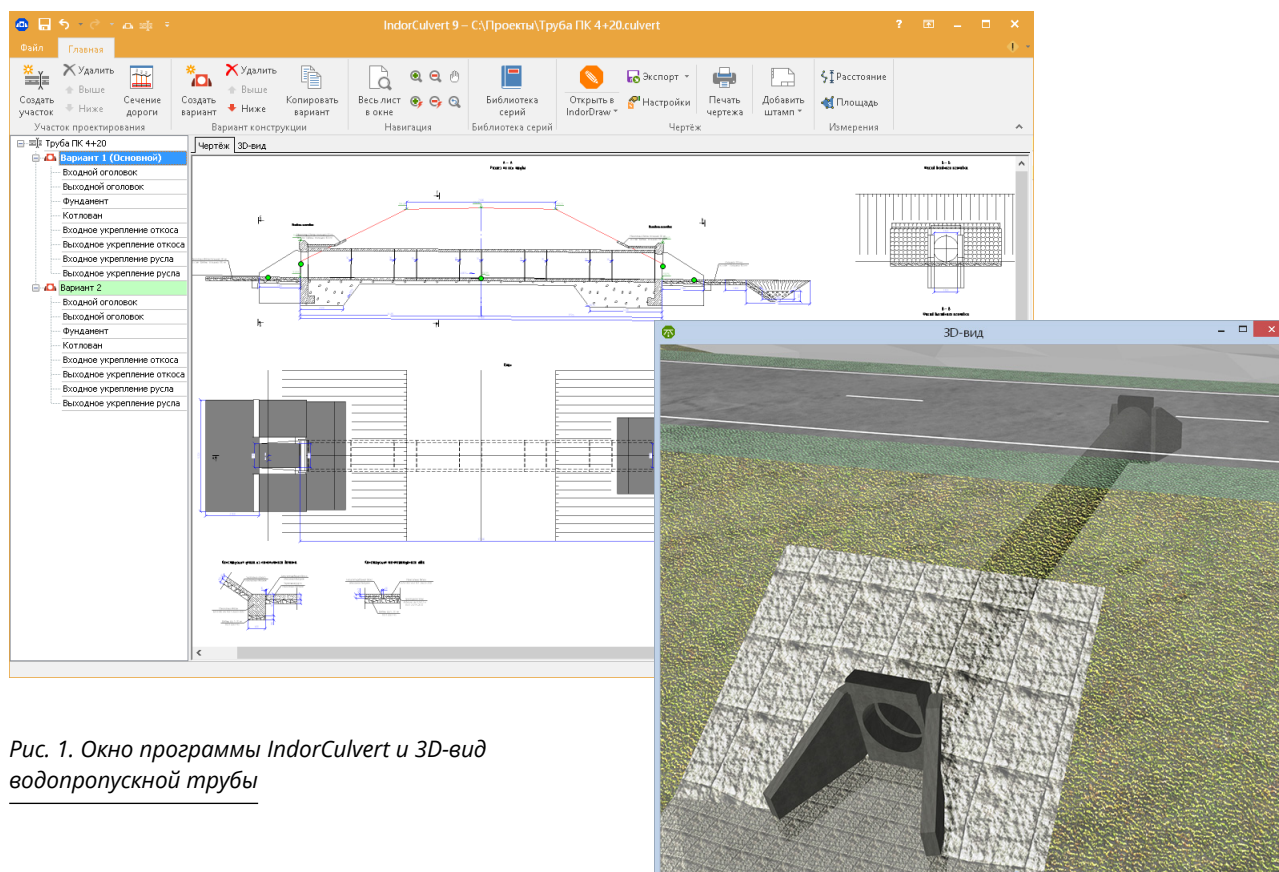


Рис. 1. Окно программы IndorCulvert и 3D-вид водопропускной трубы

тивный вариант. Система IndorCulvert соответствует такому подходу, позволяя детально запроектировать произвольное количество вариантов конструкций трубы. Полученные конструктивные решения можно наглядно сравнить по сформированным автоматически чертежам и трёхмерному изображению трубы. По каждому варианту сразу же формируются ведомости, поэтому выбрать оптимальную конструкцию можно с учётом необходимых объёмов работ.

Автоматический подбор конструкции

Процесс создания конструкции водопропускной трубы в IndorCulvert максимально автоматизирован — пользователю достаточно выбрать типовую серию и задать базовые параметры трубы (диаметр, тип оголовков и пр.), и система сама выполнит подбор схемы раскладки звеньев средней части трубы и подберёт конструкции оголовков, укреплений откосов и русел в соответствии с типовой серией.

Автоматизация подбора элементов обеспечивает точное соответствие проектируемой трубы типовой серии и нормативным документам, сво-

дя к минимуму возможные ошибки и противоречия в конструктивном решении. Кроме того, подбор оптимальной схемы раскладки звеньев и конструкций оголовков и укреплений существенно ускоряет работу проектировщика, позволяя корректировать и уточнять уже готовое решение, а не создавать конструкцию с нуля.

Интерактивный чертёж

При проектировании любых объектов инфраструктуры, в том числе и водопропускных труб, важно иметь возможность быстро получить актуальную отчётную документацию: чертежи, ведомости и пр. В системе IndorCulvert пользователь не нужно выполнять никаких дополнительных действий, чтобы сформировать итоговый чертёж проектируемой трубы — он всегда доступен в рабочей области и может быть в любой момент распечатан или передан в систему подготовки чертежей.

Чертёж трубы формируется системой сразу после задания основных параметров конструкции и автоматически обновляется при изменении исходных данных, параметров конструкции трубы, схемы раскладки зве-

ньев и пр. Чертёж готов к печати — на него уже нанесена большая часть необходимых отметок, размерных линий, штриховок, а также чертежи узлов проектируемой конструкции. Кроме того, благодаря интерактивным режимам редактирования и измерения можно непосредственно на чертеже задавать положение трубы в насыпи и получать необходимую информацию о габаритах элементов, высотных отметках и уклонах.

Ведомости по проекту — таблица проектных данных, таблица спецификаций, таблица объёмов работ по котловану и др. — также отображаются непосредственно на чертеже и динамически обновляются при изменении данных проекта. Таким образом, переключаясь между вариантами, можно сравнить конструкции не только визуально, но и по требуемым критериям.

Библиотека серий

Система поддерживает широкий набор типовых альбомов, вся номенклатура элементов которых описана в специальной библиотеке серий. Здесь можно узнать подробную информацию по каждому элементу конструкции трубы, предусмотренно-

...библиотека серий может быть использована не только как справочник номенклатуры. В системе предусмотрена возможность расширения библиотеки и добавления новых серий и конструктивных элементов: отдельных деталей (звеньев средней части, откосных стенок и пр.) и целых конструкций в виде набора элементов (например, конструкций оголовков).

му типовой серией (звену, откосной стенке и пр.), а также увидеть чертежи и трёхмерную визуализацию элементов.

Однако библиотека серий может быть использована не только как справочник номенклатуры. В системе предусмотрена возможность расширения библиотеки и добавления новых серий и конструктивных элементов: отдельных деталей (звеньев средней части, откосных стенок и пр.) и целых конструкций в виде набора элементов (например, конструкций оголовков). Таким образом созданные нестандартные серии и элементы можно использовать при проектировании индивидуальных конструкций водопропускных труб, а также в случае ремонта и реконструкции существующих труб. Пользовательские серии сохраняются в виде отдельных файлов, которые можно загружать в любой проект IndorCulvert, создавая собственный набор стандартов.

Совместная работа с IndorCAD

Очень часто проектирование искусственных сооружений рассматривается как один из этапов проектирования автомобильной дороги. В этом случае важным преимуществом будет возможность интеграции САПР автомобильных дорог с системой проектирования водопропускных труб. IndorCulvert может использоваться не только как самостоятельное приложение, но и как встроенный редактор в составе САПР IndorCAD [2, 3]. Использование IndorCulvert в качестве редактора IndorCAD позволяет не только задать в проекте автомобильной дороги основные параметры трубы и её положение на трассе, но также указать точное положение трубы в насыпи, проработать каждый узел конструкции.

При работе в IndorCAD достаточно создать водопропускную трубу, развернуть её под нужным углом к трассе и указать начальные параметры: диаметр, длину и пр. Затем проектирование трубы можно продолжить в редакторе IndorCulvert. При этом поперечное сечение дороги и земли формируется автоматически по данным проекта. Положение трубы в теле насыпи определяется в соответствии с расположением трубы в проекте IndorCAD. Также формируется «первое приближение» конструкции трубы с учётом её текущей длины и выбранной типовой серии.

Заключение

Система IndorCulvert позволяет эффективно решать задачи проектирования водопропускных труб, в том числе в связке с САПР автомобильных дорог IndorCAD. Автоматизация процесса подбора конструкции существенно экономит время и позволяет избежать ошибок проектирования, вызванных человеческим фактором. При этом система обладает рядом особенностей, делающих её привлекательной для проектировщика: вариантное проектирование незаменимо на этапе технико-экономического обоснования, когда необходимо выявить наиболее подходящий вариант конструкции, динамический интерактивный чертёж позволяет сразу увидеть результат проектирования и в любой момент получить отчётную документацию, а расширяемая библиотека серий позволяет создавать конструкции водопропускных труб не только в строгом соответствии с типовыми альбомами, но и на базе собственных индивидуально спроектированных элементов.

Кроме того, проектирование труб в IndorCulvert совместно с IndorCAD позволяет своевременно выявлять коллизии пространственного расположения объектов на дороге, что важно в концепции BIM (информационного моделирования) [4–6].

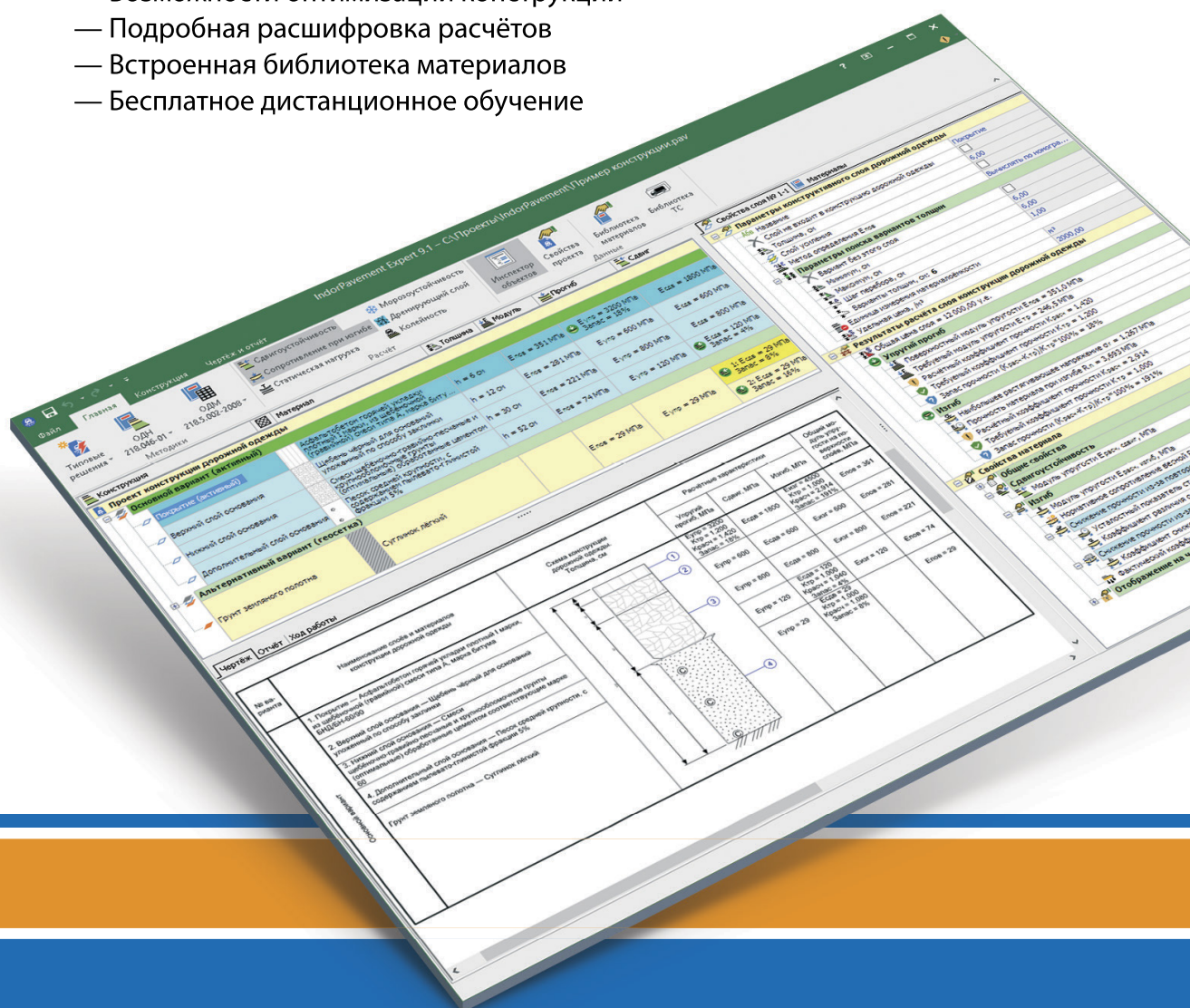
Литература:

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. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 10–17. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.2
3. Снежко И.В., Петренко Д.А. Новые BIM-инструменты в IndorCAD // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 1(6). С. 28–33. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.5
4. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 6–9. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.1
5. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2
6. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий / В.Н. Бойков [и др.] // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № (2). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16



Проектируйте дорожные одежды в IndorPavement

- Поддержка всех основных методик и стандартов
- Встроенный альбом типовых конструкций
- Возможности оптимизации конструкций
- Подробная расшифровка расчётов
- Встроенная библиотека материалов
- Бесплатное дистанционное обучение



Реклама

- ОДН 218.046–01, МОДН 2–2001, ВСН 46–83 — расчёт нежёстких дорожных одежд на прогиб, изгиб, сдвиг, морозоустойчивость, дренаж.
- Методические рекомендации по проектированию жёстких дорожных одежд.
- СН РК 3.03–19–2006, СН РК 3.03–34–2006 — расчёт жёстких и нежёстких дорожных одежд для Казахстана.
- ОДН 218.1.052–2002 — расчёт усиления нежёстких дорожных одежд.
- Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежёстких дорожных одеждах.
- Рекомендации по проектированию городских улиц и дорог.
- ОДМ 218.5.001–2009, ОДМ 218.5.002–2008, ОДМ 218.5.003–2010, ОДМ 218.3.032–2013 — расчёт с учётом армирующих, дренирующих и объёмных геосинтетических материалов.

Современный подход к оценке транспортно- эксплуатационных показателей автомобильных дорог государственной компании «Российские автомобильные дороги»

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.7

Углова Е.В., д.т.н., профессор РГСУ (г. Ростов-на-Дону)

Тиратурян А.Н., к.т.н., РГСУ (г. Ростов-на-Дону)

Шамраев Л.Г., к.т.н., начальник отдела диагностики и мониторинга состояния автомобильных дорог государственной компании «Автодор» (г. Москва)

Проводится анализ действующей в РФ нормативной базы по оценке транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог. Показывается некорректность действующего подхода на основе коэффициентов обеспеченности расчётной скорости. Демонстрируется новый подход, внедряемый в настоящее время в государственной компании «Российские автомобильные дороги». Даются предложения по совершенствованию действующей нормативной базы.



Основные тенденции модернизации экономики Российской Федерации в последние годы затронули практически все отрасли производства. В дорожной отрасли, пожалуй, наиболее чувствительным и «отзывчивым» к внедрению инновационных технологий направлением является диагностика автомобильных дорог. И действительно, темпы роста строительства и реконструкции участков автомобильных дорог, а главное, темпы роста качества строительства требуют и одновременного повышения уровня содержания автомобильных дорог. При этом выбор грамотной, рациональной и экономически выгодной стратегии содержания автомобильной дороги может быть осуществлён только на основе результатов диагностики автомобильной дороги [1].

ОДН 218.0.006–2002 подразумевает оценку результатов диагностики с использованием технико-эксплуатационных характеристик дороги: надёжности и работоспособности дороги как инженерного сооружения, к которым относят прочность дорожной одежды, ровность, шероховатость и сцепные качества покрытий, устойчивость земляного полотна и т.д. [2].

Основным критерием оценки эксплуатационного состояния дороги является эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчётной скорости — отношение фактической максимальной скорости движения одиночного легкового автомобиля, обеспеченной дорогой по условиям безопасности движения или взаимодействия автомобиля с дорогой на каждом участке, к расчётной скорости для данной категории дороги и рельефа местности; в практических расчётах используется коэффициент обеспеченности расчётной скорости (для расчёта которого за расчётную скорость принимается скорость 120 км/ч). Однако выполняемый при его расчёте переход от фактических значений

показателей ровности, сцепления, прочности и т.п. к важнейшему потребительскому свойству дороги — скорости — не даёт специалистам необходимой информации для принятия конкретных инженерных решений.

На уровне пользователей дороги коэффициент обеспеченности расчётной скорости прекрасно характеризует качество объекта дорожной инфраструктуры, но для назначения ремонтных работ требуется анализ исходных данных, полученных по результатам диагностики. Таким образом, фактически выполняется двойная работа: сначала для оценки состояния участков автомобильных дорог данные полевых измерений приводят в форме линейного графика оценки транспортно-эксплуатационного состояния дороги, в котором показатели выражены через рассчитанные коэффициенты $K_{рс}$ (рис. 1), а затем, в случае неудовлетворительного состояния, снова обращаются к исходным материалам для назначения конкретных ремонтных

мероприятий. По сути, такого же эффекта можно достичь путём простого сопоставления параметров эксплуатационного состояния с их предельно допустимыми значениями. Что, в свою очередь, на порядок сократит объём камеральной обработки результатов диагностики.

Для получения итогового значения коэффициента обеспеченности расчётной скорости определяют частные коэффициенты, учитывающие:

- ширину основной укреплённой поверхности и ширину габарита моста (K_{PC1});
- ширину и состояние обочин (K_{PC2});
- интенсивность и состав движения (K_{PC3});
- продольные уклоны и видимость поверхности дороги (K_{PC4});
- радиусы кривых в плане и уклон виража (K_{PC5});
- продольную ровность покрытия (K_{PC6});
- коэффициент сцепления колеса с покрытием (K_{PC7});

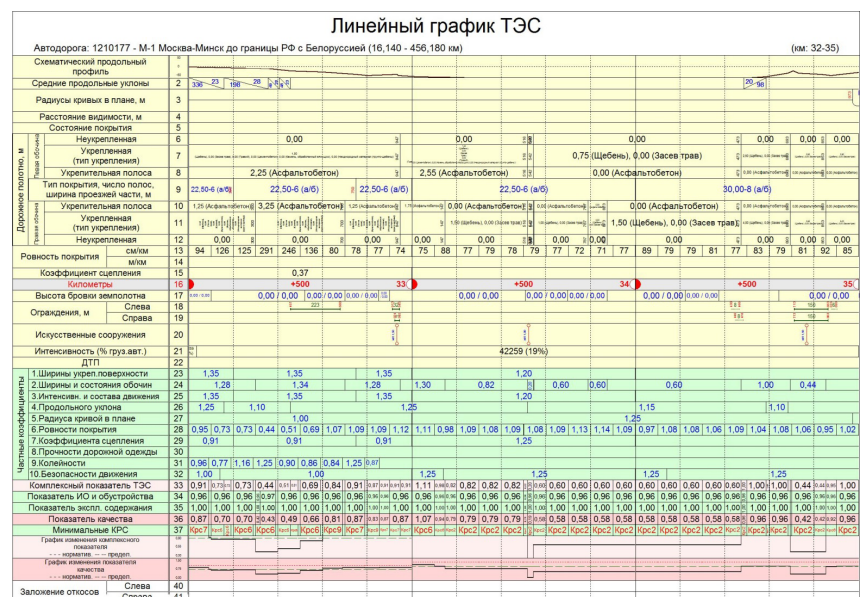


Рис. 1. Линейный график оценки транспортно-эксплуатационного состояния дороги М-1 «Беларусь»

Сводная ведомость КРС

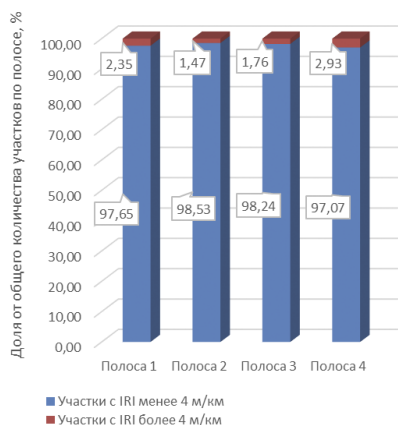
Дорога: 1210177 - М-1 Москва-Минск до границы РФ с Белоруссией (32 - 35)
Участок: (32 - 33) км
Год паспортизации: 2015

Начало участка, км	Конеч участка, км	Начало участка, Нестолбам	Конеч участка, Нестолбам	Коэффициенты расчетной скорости										Комплексный показатель КИД	Минимальный КРС
				Крс1	Крс2	Крс3	Крс4	Крс5	Крс6	Крс7	Крс8	Крс9	Крс10		
32.000	32.090	31+966	32+077	1,35	1,28	1,35	1,25	1,00	0,95	0,91	1,00	0,95	1,00	0,91	Крс7
32.090	32.100	32+077	32+087	1,35	1,28	1,35	1,25	1,00	0,95	0,91	1,00	0,77	1,00	0,77	Крс9
32.100	32.158	32+087	32+145	1,35	1,28	1,35	1,25	1,00	0,73	0,91	1,00	0,77	1,00	0,73	Крс6
32.158	32.190	32+145	32+177	1,35	1,28	1,35	1,10	1,00	0,73	0,91	1,00	0,77	1,00	0,73	Крс6
32.190	32.200	32+177	32+187	1,35	1,28	1,35	1,10	1,00	0,73	0,91	1,00	1,16	1,00	0,73	Крс6
32.200	32.290	32+187	32+277	1,35	1,28	1,35	1,10	1,00	0,73	0,91	1,00	1,16	1,00	0,73	Крс6
32.290	32.300	32+277	32+287	1,35	1,28	1,35	1,10	1,00	0,73	0,91	1,00	1,25	1,00	0,73	Крс6
32.300	32.390	32+287	32+377	1,35	1,34	1,35	1,10	1,00	0,44	0,91	1,00	1,25	1,00	0,44	Крс6
32.390	32.400	32+377	32+387	1,35	1,34	1,35	1,10	1,00	0,44	0,91	1,00	0,90	1,00	0,44	Крс6
32.400	32.455	32+387	32+442	1,35	1,34	1,35	1,10	1,00	0,51	0,91	1,00	0,90	1,00	0,51	Крс6
32.455	32.490	32+442	32+477	1,35	1,34	1,35	1,25	1,00	0,51	0,91	1,00	0,90	1,00	0,51	Крс6
32.490	32.500	32+477	32+487	1,35	1,34	1,35	1,25	1,00	0,51	0,91	1,00	0,88	1,00	0,51	Крс6
32.500	32.590	32+487	32+577	1,35	1,34	1,35	1,25	1,00	0,69	0,91	1,00	0,88	1,00	0,69	Крс6
32.590	32.690	32+577	32+687	1,35	1,34	1,35	1,25	1,00	0,69	0,91	1,00	0,84	1,00	0,69	Крс6
32.690	32.700	32+687	32+697	1,35	1,34	1,35	1,25	1,00	1,07	0,91	1,00	0,84	1,00	0,84	Крс9
32.700	32.790	32+697	32+777	1,35	1,34	1,35	1,25	1,00	1,07	0,91	1,00	1,25	1,00	0,91	Крс7
32.790	32.800	32+777	32+787	1,35	1,28	1,35	1,25	1,00	1,09	0,91	1,00	1,25	1,00	0,91	Крс7
32.800	32.854	32+787	33+000	1,35	1,28	1,35	1,25	1,00	1,09	0,91	1,00	0,87	1,00	0,87	Крс9
32.854	32.900	33+000	33+046	1,35	1,28	1,35	1,25	1,00	1,09	0,91	1,00	1,25	1,00	0,91	Крс7
32.900	32.947	33+046	33+093	1,35	1,28	1,35	1,25	1,00	1,12	0,91	1,00	1,25	1,00	0,91	Крс7
32.947	33.000	33+093	33+146	1,35	1,30	1,35	1,25	1,00	1,12	0,91	1,00	1,25	1,00	0,91	Крс7
33.000	33.100	33+146	33+246	1,20	1,30	1,20	1,25	1,25	1,11	1,25	1,00	1,25	1,25	1,11	Крс6

Рис. 2. Сводная ведомость K_{PC} участка дороги М-1 «Беларусь»

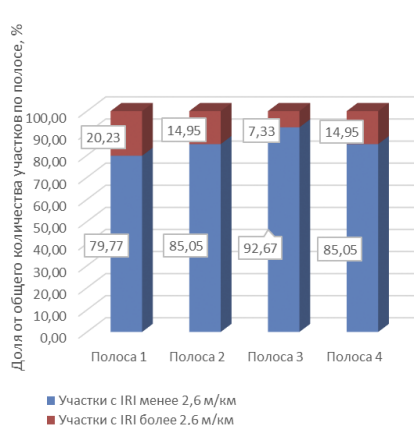
ГОСТ 33220-2015

М-4 «Дон» км 287+800–321+300

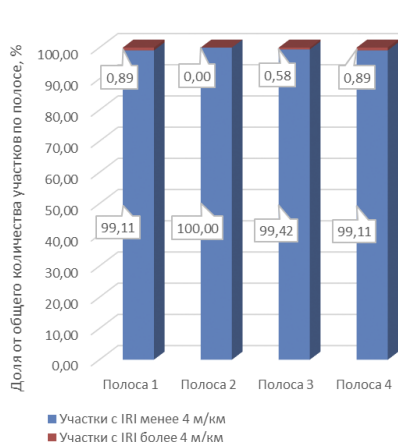


СТО АВТОДОР 10.2-2014

М-4 «Дон» км 287+800–321+300



М-4 «Дон» км 599+000–633+000



М-4 «Дон» км 599+000–633+000

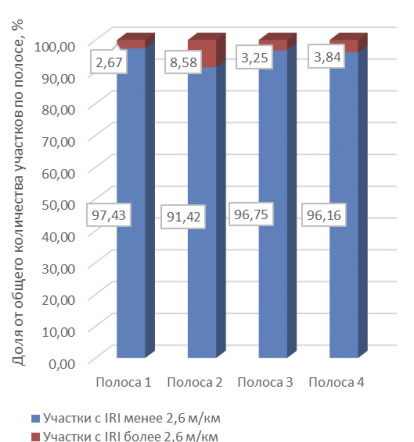


Рис. 3. Соответствие участков автомобильной дороги М-4 «Дон» требованиям к продольной ровности

- состояние и прочность дорожной одежды (K_{PC}) (при этом значение коэффициента прочности в расчёт K_{PC} не входит);
- ровность в поперечном направлении (глубину колеи) (K_{PC9});
- безопасность движения (K_{PC10}).

Значение итогового коэффициента обеспеченности расчётной скорости K_{PC} на каждом участке для осенне-весеннего расчётного по условиям движения периода года принимают равным наименьшему из всех частных коэффициентов на этом участке (рис. 2).

Таким образом, сопоставляя перечень полевых работ, предусмотренных ОДН 218.0.006–2002, с оценкой эксплуатационного состояния дороги, можно сделать следующие выводы.

1. При плановой (периодической) диагностике определяются не все требуемые для расчёта значения частных коэффициентов расчётной скорости, что приводит к необходимости проведения дополнительных работ (паспортизация, первичная диагностика) либо к выполнению расчётов на основе недостаточной (недостовойной) информации.

2. Ввиду того, что за итоговый коэффициент принимается минимальный частный коэффициент, изменение транспортно-эксплуатационных характеристик дороги после проведения ремонтных работ зачастую не влияет на итог, например из-за несоответствия геометрических параметров участка или расстояний видимости нормативным требованиям.

3. Изменение состояния дороги за период между обследованиями оце-

нивают по величине прироста комплексного показателя эксплуатационного состояния дороги; отрицательное значение прироста свидетельствует об ухудшении состояния дороги за оцениваемый период по сравнению с первоначальным, но не раскрывает причин ухудшения.

4. ОДН 218.0.006–2002 предполагает использование для оценки параметров эксплуатационного состояния устаревших приборов и методов (например, толчкомера, прогибомера и др.), при этом не представлен порядок использования результатов оценки продольной ровности в единицах IRI, данных исследований несущей способности дорожных конструкций методами динамического нагружения, оценки колеиности ультразвуковыми и лазерными колеемерами и пр. Соответственно, имея подобные результаты обследований (полученные современными методами на современном оборудовании), представляется затруднительным определение таких коэффициентов обеспеченности расчётной скорости, как K_{PC6} , K_{PC8} , K_{PC9} .

Для устранения приведённых проблем технической политикой Государственной компании «Российские автомобильные дороги» предусмотрен подход к управлению

состоянием автомобильных дорог, основанный на анализе их остаточного рабочего ресурса и включающий в себя следующие механизмы:

- нормирование и ежегодная оценка уровня эксплуатационного состояния дороги по каждому году периода гарантийных обязательств подрядных организаций;
- планирование всех видов ремонтов на среднесрочную и долгосрочную перспективу на основе оценки остаточного ресурса эксплуатируемых дорожных конструкций, включающего анализ изменения параметров транспортного потока и состояния покрытий;
- внедрение технологий моделирования состояния дорожных конструкций, которые позволят аналитико-эмпирическим методом определять физико-механические характеристики каждого конструктивного элемента дорожной одежды, включая грунты рабочего слоя земляного полотна, что существенно повысит эффективность принимаемых решений при назначении ремонтных мероприятий;
- внесение в договоры и соглашения с подрядными организациями и концессионерами более

жёстких требований к потребительским свойствам автомобильной дороги, таких, например, как нормирование значений продольной ровности по годам эксплуатации.

Указанный подход позволяет практически применять повышенные требования к качеству комплексной инфраструктурной услуги, предоставляемой пользователям автомобильных дорог, а также спрогнозировать соответствие дорожных покрытий нормативным требованиям (по ГОСТ 33220–2015 и СТО АВОТОДОР 10.2–2014) (рис. 3) и оптимизировать стратегию содержания и своевременного планирования ремонтно-восстановительных работ по годам эксплуатации с учётом фактической интенсивности и состава движения.

Выполнение работ по диагностике автомобильных дорог Государственной компании осуществляет ООО «Автодор-Инжиниринг». Ежегодно определяется общая оценка качества автомобильных дорог по фактическому уровню эксплуатационного содержания и транспортно-эксплуатационным показателям с применением методов измерений и требований, изложенных в межгосударственных стандартах (таблица 1)

Таблица 1. Методы и требования межгосударственных стандартов

Номер	Наименование	Требования
ГОСТ 32729–2014 (введён в действие с 01.02.2015)	Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежёстких дорожных одежд для определения прочности	Измерения упругого прогиба нежёстких дорожных одежд выполняют методами динамического и статического нагружений. При методе динамического нагружения падающим грузом значение упругого прогиба нежёсткой дорожной одежды на измерителях прогиба и параметры чаши прогиба определяют от действия заданной, динамической (кратковременной) нагрузки, передаваемой на дорожное покрытие через нагрузочную плиту (жёсткий штамп).
ГОСТ 32825–2014 (введён в действие с 01.07.2015)	Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения геометрических размеров повреждений	В стандарте предусмотрены методы оценки типовых повреждений дорожных покрытий, таких как выбоина, сдвиг, просадка, колея, выкрашивание, выпотевание, пролом и т.д.
ГОСТ 33078–2014 (введён в действие с 01.12.2015)	Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения сцепления колеса автомобиля с покрытием	Сцепление колеса автомобиля с покрытием характеризуется величиной показателя коэффициента сцепления, определяемого при полной блокировке измерительного колеса на предварительно увлажнённой поверхности покрытия автомобильной дороги при стандартных условиях и последующего вычисления отношения полученной величины к величине нормальной реакции дорожного покрытия.
ГОСТ 33101–2014 (введён в действие с 01.08.2016)	Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения ровности	Оценка продольной ровности покрытия выполняется по ординатам микропрофиля с помощью высокоскоростных профилометрических установок с последующим расчётом международного показателя ровности IRI.
ГОСТ 33220–2015 (введён в действие с 01.12.2015)	Дороги автомобильные общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию	Установлены требования к эксплуатационному состоянию автомобильных дорог общего пользования для обеспечения безопасности дорожного движения.

Таблица 2. Требования стандартов Государственной компании

Номер	Наименование	Требования
СТО АВТОДОР 2.4-2013	Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог Государственной компании «Российские автомобильные дороги» (приказ от 01.07.2013 № 127)	Оценка состояния дорожных конструкций на текущем этапе эксплуатации, определение их остаточного ресурса и разработка стратегии сохранности и ремонта дорожных конструкций. Изложены порядок расчёта остаточного ресурса дорожных конструкций на текущем этапе эксплуатации, рекомендации по обоснованию проектных решений на стадии разработки проекта реконструкции с учётом остаточного ресурса дорожных конструкций.
СТО АВТОДОР 10.1-2013	Определение модулей упругости слоёв эксплуатируемых дорожных конструкций с использованием установки ударного нагружения (приказ от 05.09.2013 № 179)	Оценка модулей упругости слоёв эксплуатируемых дорожных конструкций (нежестких дорожных одежд) автомобильных дорог. Определяет метод оценки модулей упругости слоёв эксплуатируемых дорожных конструкций с использованием установок ударного нагружения типа FWD, порядок проведения измерений.
СТО АВТОДОР 10.6-2015	Комплексный динамический мониторинг нежестких дорожных одежд. Правила проведения (приказ от 22.07.2015 № 151)	Определяет порядок проведения комплексного динамического мониторинга дорожных одежд с целью определения состояния, прочностных и расчётных характеристик материалов конструктивных слоёв эксплуатируемых дорожных одежд при разработке проектов реконструкции, капитальных ремонтов и ремонтов автомобильных дорог, а также с целью назначения стратегии сохранности дорожной одежды.
СТО АВТОДОР 10.2-2014	Оценка транспортно-эксплуатационного состояния дорожных одежд автомобильных дорог Государственной компании «Автодор» на период выполнения гарантийных обязательств подрядными организациями (приказ от 20.01.2015 № 7)	Устанавливает требования к значениям технико-эксплуатационных показателей, определяющих транспортно-эксплуатационное состояние дорожных одежд автомобильных дорог Государственной компании «Автодор» в период выполнения гарантийных обязательств подрядными организациями.

Таблица 3. Передвижные лаборатории Государственной компании «Автодор»

Тип, марка лаборатории	Назначение	Измеряемые параметры
Диагностическая лаборатория КП-514 СМП	Измерение характеристик эксплуатационного состояния по ОДН 218.0.006-2002, определение расстояний между километровыми столбами и их координат в системе WGS-84, географических координат всех элементов дороги; измерение протяжённости автомобильных дорог по ОДМ 218.3.005-2010. При визуальной оценке состояния дорожной одежды фиксируются все дефекты поверхности проезжей части, перечень и характеристики которых приведены в ГОСТ 32825-2014.	План, продольный и поперечный профиль, глубина колеи. Продольная ровность по показателю IRI согласно ГОСТ 33101-2014, по толчком. Привязка к местности результатов измерений с применением технологии ГЛОНАСС.
Передвижная лаборатория Primax-1500 FWD	Оценка прочности, несущей способности слоёв дорожных конструкций и их элементов, контроль степени уплотнения, прогноз остаточной работоспособности дорожных конструкций на участках дорог с усовершенствованным типом нежестких дорожных одежд.	Фактический модуль упругости в соответствии с п. 5.1 ГОСТ 32729-2014. Фактические модули слоёв дорожной конструкции в соответствии с СТО АВТОДОР 10.1-2013.
Передвижная лаборатория геозондирования дорожных конструкций	Контроль скрытых работ, специальные виды обследования, комплексный динамический мониторинг.	Определение толщин дорожных одежд, дефектов уплотнения земляного полотна, изменения уровня грунтовых вод.
Передвижная дорожная диагностическая лаборатория с прибором ПКРС-2 РДТ	Оценка коэффициента сцепления колеса с покрытием.	Определение коэффициента сцепления в соответствии с п. 4.1. ГОСТ 33078-2014.
Передвижная лаборатория контроля качества дорожной разметки и знаков	Сплошной инструментальный эксплуатационный и приёмочный контроль геометрических параметров дорожной разметки, выборочный контроль характеристик дорожных знаков.	Оценка светотехнических характеристик и геометрических параметров дорожной разметки на скорости до 40 км/ч. Определение коэффициента свето-возвращения дорожной разметки. Привязка к местности результатов измерений с применением технологии ГЛОНАСС.

и в стандартах Государственной компании (таблица 2).

К сфере деятельности ООО «Автодор-Инжиниринг» относятся автомобильные дороги, находящиеся в доверительном управлении Государственной компании. Оценить их качество позволяют следующие цифры: протяжённость автомобильных дорог, соответствующих всем требованиям к эксплуатационным показателям, составила 1932,5 км (67,6% от общей протяжённости дорог Государственной компании), в целом по сети федеральных автомобильных дорог этот показатель составил 52,8%, на сети дорог регионального значения — 37,1%. Качество дорог, находящихся в доверительном управлении Государственной компании, позволило на целом ряде участков автомобильной дороги М-4 «Дон» поднять разрешённую скорость движения до 110–130 км/ч.

Основными задачами диагностики в настоящий момент являются:

- организация мониторинга эксплуатационного состояния автомобильных дорог на текущем этапе эксплуатации дороги;
- систематизация информации, содержащейся в проектной и рабочей документации по расчёту дорожной одежды и в базах дорожных данных;
- организация детальной оценки состояния элементов дорожной конструкции на участках деградации продольной ровности;
- апробация новых приборов и оборудования для проведения обследований, подготовка предложений по изменению нормативной базы в части диагностики;
- реализация повышенных требований СТО Государственной компании по оценке транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог, разработка комплексной системы оценки ТЭС для объектов концессионных соглашений;
- синхронизация данных диагностики автомобильных дорог с базами данных АИС ИССО-Н и ГИС Государственной компании «Автодор».

Для технического обеспечения решения таких задач предназначен комплекс передвижных лабораторий (таблица 3).

Лаборатории регулярно принимают участие в сопоставительных испытаниях отечественного и зарубежного диагностического оборудования по оценке ровности, сцепных свойств дорожного покрытия, а также прочности дорожных конструкций: в 2014 году на автополигоне ФГУП «НАМИ» на участках автомобильных дорог М-1 «Беларусь» и М-4 «Дон» (испытания установок FWD производства фирм Grontmij и Dynatest, испытания оборудования по контролю качества дорожной разметки и знаков); в 2015 году проведены испытания оборудования по оценке колейности дорожного покрытия с участием лабораторий «Спецдортехника», «МАДИ ПАД» и «МАДИ СЭД», НПО «Регион», испытания установки ПКРС-2 РДТ для оценки сцепных свойств дорожного покрытия.

Для расчёта фактических показателей основных направлений деятельности Государственной компании, характеризующих состояние сети автомобильных дорог по комфортности и безопасности для пользователей (таких как протяжённость дорог, соответствующих нормативным требованиям к транспортно-эксплуатационным показателям; протяжённость дорог, обслуживающих движение в режиме перегрузки), используется база дорожных данных ГИС и программный комплекс «Титул-2005».

ГИС, включающая результаты полевых и камеральных работ, а также данные обследований предыдущих лет, результаты диагностики, инвентаризации, земельных работ, сведения

об интенсивности, ДТП, объектах сервиса, дорожных работах, гарантийные паспорта, позволяет Государственной компании решать комплекс вопросов по управлению состоянием автомобильной дороги, упорядочивать оформление земельных участков, расположенных в границах полосы отвода, и придорожной полосы, выполнять мониторинг состояния дороги и дорожных сооружений в процессе эксплуатации.

Государственная компания ориентируется на переход к новым формам договорных отношений: заключение концессионных соглашений (по схеме контрактов жизненного цикла) и комплексных долгосрочных контрактов строительства (реконструкции), ремонта и содержания участков дорог.

В связи с этим Государственной компанией применяется следующая система требований к транспортно-эксплуатационным показателям автомобильной дороги (далее — ТЭП):

- в договоры на строительство (реконструкцию) участков дороги в раздел гарантийных обязательств внесены более жёсткие требования к ровности по показаниям прибора «толчкомет ТХК-2» и показателю IRI (таблица 4);
- при заключении концессионных соглашений (по схеме контрактов жизненного цикла) и комплексных долгосрочных контрактов строительства (реконструкции), ремонта и содержания участков дорог исполнитель должен обеспечить следующие нормативные

Таблица 4. Требования к ровности по показаниям прибора «толчкомет ТХК-2» и показателю IRI

Наименование показателя	Период эксплуатации (действия гарантийных обязательств) для автомобильной дороги I категории				
	При приёмке Объекта в эксплуатацию и в течение 1-го года эксплуатации	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год
Показатель продольной ровности по толчкометру, см/км	55	65	75	85	95
Международный показатель ровности IRI, м/км	1,4	1,6	1,9	2,2	2,6

Таблица 5. Нормативные значения ТЭП, конкретизированные по годам эксплуатации и межремонтным периодам

№ п/п	Наименование ТЭП	Ед. изм.	Наименование и значение ТЭП			Значение ТЭП на Дату истечения срока действия Соглашения	Периодичность проведения оценки
			При приёмке Объекта в эксплуатацию	С начала по 4-й год эксплуатации	В период эксплуатации с 5-го года эксплуатации до даты начала работ по Капитальному ремонту		
Покрытие проезжей части, краевые полосы у обочин, полосы безопасности на разделительной полосе							
1. Ровность дорожного покрытия							
1.1.	Продольная ровность (значения ТЭП по IRI)	м/км	Менее 1,4 на всей протяжённости	Менее 1,9 на всей протяжённости	Менее 1,9 на 85% протяжённости; от 1,9 до 2,2 на 15% протяжённости	Менее 1,9 на всей протяжённости	весенний, осенний периоды
			Критическим значением ТЭП продольной ровности является наличие на более чем 15% протяжённости Участка проведения измерений значений ровности свыше 2,2 м/км				
1.2.	Поперечная ровность	мм	Не определяется	не более 5% до 10 мм	не более 15% до 20 мм	не более 5% до 10 мм	весенний, осенний периоды
			Критическим значением ТЭП поперечной ровности является её наличие (свыше 20 мм) более 15% от протяжённости Участка проведения измерений или наличие участков с поперечной ровностью свыше 40 мм				
2.	Коэффициент сцепления колеса автомобиля с покрытием в весенне-летне-осенний период	–	Не менее 0,3	Не менее 0,3	Не менее 0,3	Не менее 0,3	весенний, осенний периоды
			Критическим значением ТЭП коэффициента сцепления является снижение его величины до 0,3 на более чем 15% протяжённости Участка проведения измерений				
3.	Коэффициент прочности дорожной одежды	–	Не менее 1,3	Не определяется	Не менее 1,0	Не менее 1,25	1 раз в год (весенний период)

Таблица 6. Уровни сохранности дорожной конструкции

Бальная оценка визуального состояния дорожного покрытия	Коэффициент прочности дорожной одежды			
	Равен или выше 1,25	1,12–1,25	1,0–1,12	Менее 1,0
4,5–5,0	Норматив.	Норматив.	Норматив.	Удовлетворит.
4,0–4,5	Норматив.	Удовлетворит.	Удовлетворит.	Удовлетворит.
3,5–4,0	Удовлетворит.	Удовлетворит.	Удовлетворит.	Неудовлет.
Менее 3,5	Неудовлет.	Неудовлет.	Неудовлет.	Неудовлет.

значения ТЭП, конкретизированные по годам эксплуатации и межремонтным периодам (таблица 5);

- по результатам балльной оценки состояния покрытия и определения коэффициента прочности дорожной одежды выделяется три уровня сохранности дорожных конструкций (таблица 6):

1) **нормативный**: ТЭП соответствуют допустимым значениям, участок

с данной дорожной конструкцией не требует проведения ремонтных работ;

2) **удовлетворительный**: имеется объективная причина снижения уровня ниже нормативного до проведения следующего обследования, в связи с чем требуется проведение дополнительного обследования для выявления причин появления дефектов и расчёта остаточного ресурса дорожной конструкции согласно СТО АВТОДОР 2.4–2013;

3) **неудовлетворительный**: ТЭП ниже допустимых значений, и состояние дорожной конструкции требует назначения ремонтных работ.

Коэффициент прочности дорожной одежды является неотъемлемой составляющей оценки состояния автомобильных дорог. Основной методикой определения прочности дорожных одежд автомобильных дорог является измерение упругого прогиба. При динамическом методе величина упругого прогиба определяется от действия кратковременной динамической нагрузки, передаваемой на покрытие через жёсткий металлический штамп. Для проведения испытаний применяются специальные установки, классифицирующиеся как дефлектометры падающего груза (FWD), широко распространённые в странах Европы и Северной Америки.

На I Международном форуме «Инновации в дорожном строительстве» первый заместитель председателя правления по технической политике Государственной компании

И.А. Урманов поставил задачу организовать управление состоянием автомобильных дорог на основе оценки остаточного ресурса: если действующий механизм назначения ремонтов основан на данных диагностики, то в подходе Государственной компании учитывается воздействие транспортных нагрузок за прошедший период эксплуатации и комплексная оценка состояния всех элементов дорожной конструкции. Применение установки FWD позволяет выявить причины и оценить, в каком элементе дорожной конструкции происходит ускоренная деградация, а отсюда — повысить точность и эффективность расходования средств. Государственной компанией утверждён комплекс мероприятий по формированию системы оценки остаточного ресурса.

Для решения поставленных задач ООО «Автодор-Инжиниринг» эксплуатирует установку ударного нагружения FWD Primax 1500 (рис. 4). Ключевой особенностью данной установки является возможность регистрации чаши прогиба дорожной одежды на расстоянии до 2,5 м от точки приложения нагрузки с помощью датчиков-геофонов, установленных на рейке.

Механизм ударного нагружения, смонтированный на данной установке, позволяет имитировать нагрузку на покрытие нежёсткой дорожной одежды в пределах от 2 до 150 кН, время контактного взаимодействия на покрытие дорожной одежды составляет 30 мс.

Нормативной базой для применения установок ударного нагружения FWD являются СТО АВТОДОР 10.1–2013 [3] и ГОСТ 32729–2014 [4, 5], в которых даны основные требования к применяемому оборудованию, порядок и схемы проведения инструментальных измерений при проведении диагностики прочности дорожной одежды.

Производительность установки Primax 1500 составляет приблизительно 40 км в смену, что позволяет производить линейные испытания прочности дорожной одежды на достаточно протяжённых участках автомобильных дорог и, самое главное, накапливать большие объёмы статистических данных о фактических значениях модулей упругости нежёстких дорожных одежд в реальных условиях их эксплуатации.

При этом несомненно встаёт вопрос соответствия значений фактического общего модуля упругости дорожной одежды, получаемого с использованием Primax 1500, значениям, закладываемым проектировщиками на стадии разработки проектов ремонта или реконструкции автомобильных дорог по ОДН 218.046–01. В связи с этим специалистами ООО «Автодор-Инжиниринг» совместно с Ростовским государственным строительным университетом разработана инструкция по корректировке результатов оценки модулей упругости слоёв нежёстких дорожных конструкций, полученных



Рис. 4. Установка ударного нагружения FWD PRIMAX 1500

с использованием установки ударного нагружения (FWD), и приведение их к нормативной базе проектирования автомобильных дорог Российской Федерации.

В основе разработанной инструкции лежит зависимость приведения динамического упругого прогиба в точке нагружения, регистрируемого с использованием установки FWD (время нагружения 0,03 с), к упругому прогибу при расчётном времени (0,1 с в соответствии с ОДН 218.046–01) приложения нагрузки, записываемая в следующем виде:

$$l_{p,вр} = (0,3 \times h / h_1 + 1,1) \times l_d^0, \quad (1.1)$$

где:

h — толщина слоёв из материалов, содержащих органическое вяжущее;

h_1 — минимальная толщина слоёв из указанных материалов, равная 100 мм;

$l_{p,вр}$ — расчётный упругий прогиб, мм;

l_d^0 — фактический динамический упругий прогиб, зарегистрированный с использованием установки ударного нагружения (FWD), мм.

Для полученных расчётных значений упругого прогиба производится расчёт значений общего модуля упругости $E_{p,вр}^{\phi}$ дорожной одежды по формуле [1]:

$$E_{p,вр}^{\phi} = pD(1 - \mu^2) / l_{p,вр}, \quad (1.2)$$

где:

p — среднее удельное давление, развиваемое нагрузкой, МПа (для FWDp=0,7 МПа);

D — диаметр площадки контактного взаимодействия, см (для FWDD=30 см);

μ — коэффициент Пуассона (принимается равным 0,35);

$l_{p,вр}$ — упругий прогиб покрытия дорожной одежды, приведённый к расчётному времени приложения нагрузки, см.

С 2013 года с использованием установки Primax 1500 проведена оценка прочности дорожных одежд 1,5 тыс. км автомобильных дорог М-4 «Дон» и М-1 «Беларусь». На большинстве участков измерения проводились с шагом 100 м, что

позволяло накапливать значительные объёмы статистических данных о прочности дорожной конструкции, а также делать вывод о реальной однородности прочности дорожной одежды. Для оценки однородности прочности дорожной конструкции были рассчитаны средние значения общих модулей упругости, их стандартные отклонения (s) (формула 1.3) и значения коэффициента вариации (C_v) (формула 1.4).

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}, \quad (1.3)$$

где:

n — объём выборки;

E_i — i -й модуль упругости, МПа;

\bar{E} — среднее значение модуля упругости, МПа.

$$C_v = \frac{s}{\bar{E}}, \quad (1.4)$$

Далее приводятся результаты оценки прочности участков автомобильных дорог, различающихся дорожной конструкцией, временем нахождения в эксплуатации и, соответственно, транспортно-эксплуатационным состоянием (рис. 5, 6).

Все полученные значения фактического общего модуля упругости дорожной конструкции на стадии эксплуатации сопоставлялись со значениями минимального требуемого общего модуля упругости $E_{тр.мин}$, рассчитанного исходя из фактической интенсивности движения на

обследованных участках дорог, полученной по данным пунктов учёта интенсивности движения Государственной компании «Российские автомобильные дороги».

Как видно из представленных графиков (рис. 5, 6), применение установки ударного нагружения FWD позволяет осуществлять диагностику прочности нежёстких дорожных одежд на протяжённых участках автомобильных дорог и определять локальные участки снижения прочности дорожной одежды ниже заданного на стадии проекта значения, что делает эту информацию крайне ценной для организаций, занимающихся содержанием автомобильных дорог. Помимо этого, возникает возможность анализа не только абсолютных значений общего модуля упругости дорожной одежды, но и оценки однородности данного показателя. Так, например, коэффициент вариации общего модуля упругости дорожной одежды на относительно новом участке, находящемся в эксплуатации 3 года (рис. 1), изменяется в диапазоне 10–18%, в то время как коэффициент вариации прочности дорожной одежды на участках автомобильных дорог, находящихся в эксплуатации 5–10 лет и свыше 10 лет, может достигать значений 26–56% (рис. 6), что свидетельствует о значительной неоднородности дорожной одежды, и что необходимо учитывать при планировании ремонтных мероприятий.

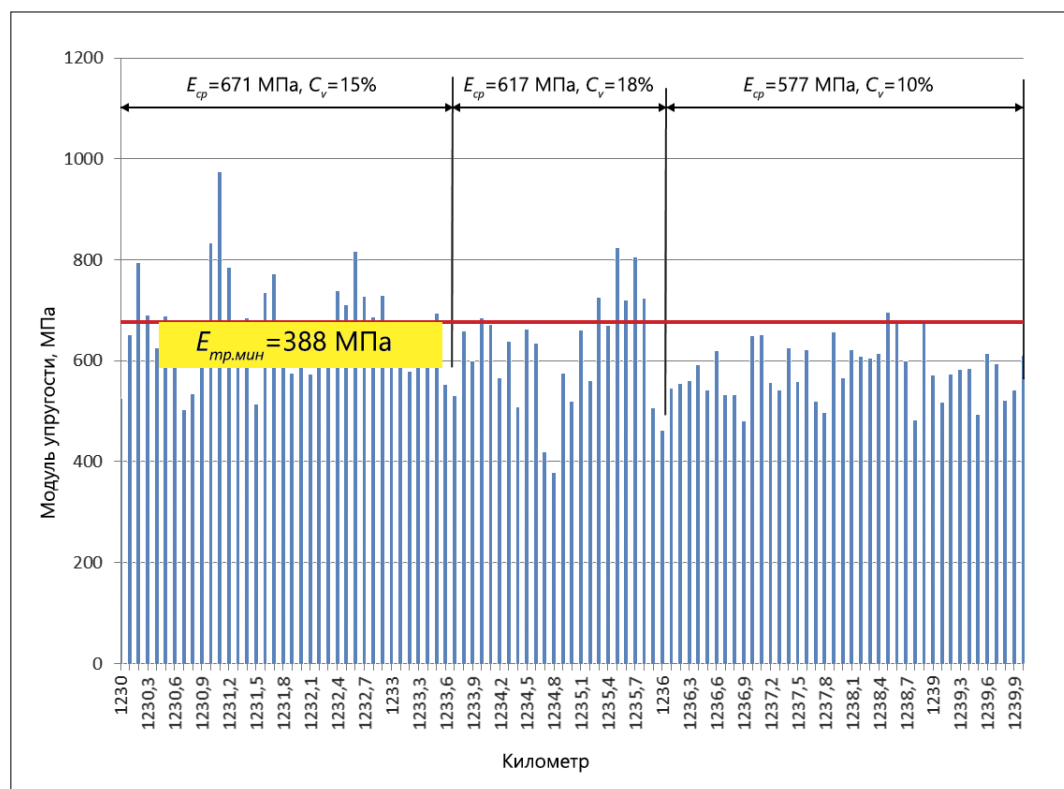


Рис. 5. Общий модуль упругости дорожной одежды на участке № 1 (автомобильная дорога М-4 «Дон») по внешней полосе движения

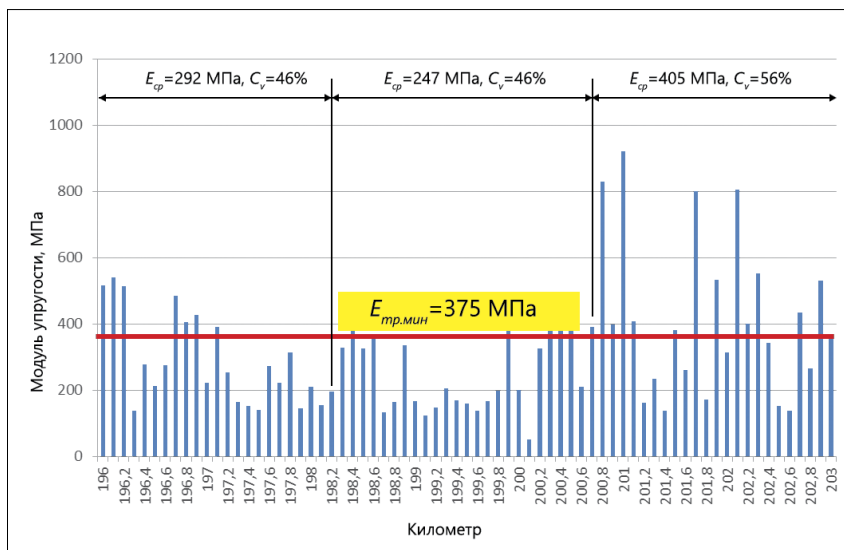


Рис. 6. Общий модуль упругости дорожной одежды на участке № 2 по внешней полосе движения (автомобильная дорога М-1 «Беларусь»)

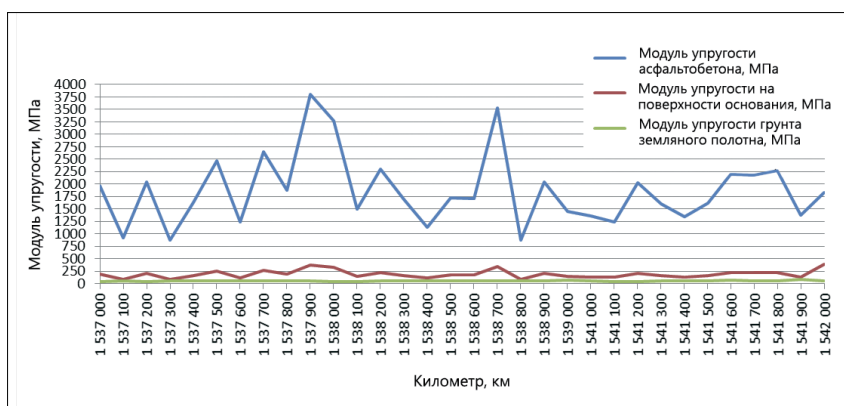


Рис. 7. Результаты определения модулей упругости слоёв нежесткой дорожной одежды на участке № 3 автомобильной дороги М-4 «Дон»



Рис. 8. Прицепной прибор ПКРС-2 РДТ после модернизации

Как уже отмечалось выше, ключевой особенностью и преимуществом установок ударного нагружения FWD является возможность определения модулей упругости слоёв нежестких дорожных одежд на стадии эксплуатации по зарегистрированной при ударном воздействии чаше прогиба

покрытия. Методика определения модулей упругости, как и программное обеспечение, используемое для данных целей, подробно описано в [3]. В данной статье приведём лишь результаты определения модулей упругости слоёв эксплуатируемой дорожной

одежды на участке № 3 автомобильной дороги М-4 «Дон» (рис. 7).

Эти данные являются актуальными в первую очередь для проектировщиков, так как позволяют им разрабатывать проекты ремонтных мероприятий, например расчёт слоёв усиления, опираясь на фактические данные о модулях упругости слоёв дорожной одежды, полученных в ходе диагностики.

Помимо установки FWD Primax 1500, с этого года в ООО «Автодор-Инжиниринг» применяется передвижная лаборатория с прибором ПКРС-2 РДТ (разработан совместно с ОАО «СНПЦ «Росдортех»), полностью модернизированным под требования межгосударственного стандарта ГОСТ 33078–2014 (рис. 8).

Сцепные качества дорожного покрытия представляют собой одну из важнейших характеристик автомобильной дороги. Основным показателем нормирования является показатель «коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием».

В мировой практике обеспечения безопасности автомобильных дорог в части нормирования и контроля параметров сцепления дорожных покрытий с колесом автомобилей применяется множество различных технологий и методик динамических измерений. Однако в любом случае предметом наблюдения является свойство дорожных покрытий сопротивляться скольжению (skid resistance) пневматических шин при торможении или маневрировании транспортных средств в процессе движения по автомобильной дороге. И поскольку суть этого свойства заключается в пропорциональности соотношения силы трения в пятне контакта и силы вертикальной нагрузки колеса на дорожное покрытие, целью измерения является достоверное определение коэффициента этого соотношения или собственно коэффициента сцепления.

Как известно, до недавнего времени измерение коэффициента сцепления на покрытиях автомобильных дорог общего пользования стран — членов СНГ регламентировалось требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 30413–96 «Дороги автомобильные. Метод определения коэффициента сцепления колеса автомобиля с дорожным покрытием». Важно отметить ряд очевидных противоречий и недо-

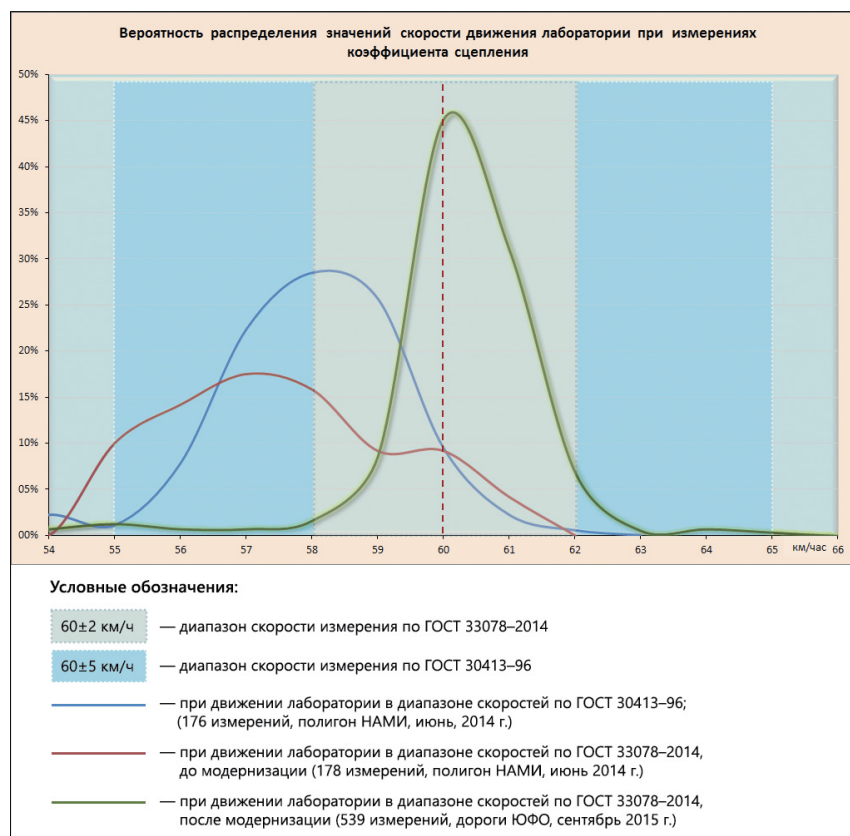


Рис. 9. Графики долевого распределения в выборке значений скорости движения лабораторий при реальных измерениях коэффициента сцепления

работок этого документа. Например, согласно п. 4.1.2 ГОСТ 30413–96 в качестве измерительного колеса допускалось использование стандартных пневматических шин типоразмеров 6,00–13; 6,15–13; 6,40–13 и 6,45–13 по ГОСТ 20993–75. В данном контексте

указанный типоразмер шин (6,00–13 и т.д.) относится исключительно к шинам диагональной конструкции, параметры и свойства которых определены требованиями ГОСТ 4754–97.

Далее, согласно п. 4.2.2 ГОСТ 30413–96 к испытаниям допускались новые

шины после предварительной обкатки не менее 300 км при скорости 60–80 км/ч или шины б/у с протектором глубиной не менее 1 мм. Стоит отметить, что ГОСТом 30413–96 не регламентировались ни типовой рисунок протектора шин, ни методы измерения глубины протектора, ни методы контроля обкатки новых шин. В результате к практическому использованию в качестве измерительного колеса допускались шины б/у диагональной конструкции с посадочным диаметром 13 дюймов и шириной протектора от 152 до 164 мм.

Не менее существенные противоречия ГОСТ 30413–96 касались принципов нормирования увлажнения дорожного покрытия (норма увлажнения $(1 \pm 0,2)$ л/м²) и скорости движения установки при измерениях (60±5 км/ч). Отметим, что отсутствие указаний на ограничение ширины полосы увлажнения и широкий диапазон скорости измерения влекли за собой негативные методические последствия в отношении точности (правильности и прецизионности) метода и результатов выполняемых измерений коэффициента сцепления.

Как известно, 5 декабря 2014 года решением Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации принят новый межгосударственный стандарт ГОСТ 33078–2014, разработанный в соответствии с Планом мероприятий по разработке и утверждению межгосударственных стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011). Этим стандартом впервые в нормативно-технической практике дорожного хозяйства стран — членов Таможенного союза предусмотрено использование специального измерительного колеса с гладким протектором, изменены принципы нормирования увлажнения дорожного покрытия и скорости движения лаборатории при проведении испытаний.

Однако практическое применение требований ГОСТ 33078–2014 сдерживалось конструктивными недоработками и несоответствиями новым требованиям имеющихся автомобильных установок в составе прицепного одноколесного прибора типа ПКРС-2У, си-

Таблица 7. Перечень параметров системы настройки и автоматического управления процессами измерения коэффициента сцепления

Элемент прицепа ПКРС	Параметр	Диапазон настройки
Датчик блокировки колеса	Шаг записи, м	0,5–10
Датчик температуры колеса	Мин./макс. темп, °С	–50...+80
Датчик температуры покрытия	Мин./макс. темп, °С	–50...+100
Датчик уровня воды в основном баке	Мин./макс. уровень	0–100%
Видеокамера слежения за ПКРС	—	Вкл./выкл.
Управление насосом	Задержка включения * Длительность цикла	0,00–5,00 с 0,00–10,00 с
Управление клапаном водополива	Задержка открытия ** Длительность цикла	0,00–2,00 с 0,00–10,00 с
Торможение измерительного колеса	Задержка начала *** Длительность цикла	0,00–3,00 с 0,00–10,00 с

* С момента включения кнопки СТАРТ.

** С момента включения насоса.

*** С момента открытия клапана водополива.

стемы увлажнения покрытия, а также системы управления и регистрации результатов измерений.

В 2015 году ООО «Автодор-Инжиниринг» совместно с Саратовским научно-производственным центром «Росдортех» реализовало инновационный проект комплексной модернизации передвижной дорожной лаборатории и одноколёсного прицепа ПКРС-2 РДТ для конструктивного обеспечения выполнения измерений коэффициента сцепления по ГОСТ 33078–2014.

Эффективность реализации заложенных в комплекс ПКРС-2 РДТ решений показана на графиках распределения вероятностей значения скоростей движения лабораторий при выполнении измерений коэффициента сцепления (рис. 9):

- по ГОСТ 30413–96 совместно со специалистами ФАУ «РосдорНИИ» на динамометрической дороге полигона НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» (стандартный комплекс);
- по ГОСТ 33078–2014 при обследовании автомобильных дорог Южного федерального округа (модернизированный комплекс).

Важно отметить, что в первом случае выборки составляли 176 и 178 измерений, при этом дорожной лабораторией управлял водитель с 12-летним стажем работы. Во втором случае выборка составляла 539 измерений, а водитель не имел практического опыта управления дорожной лабораторией при измерениях коэффициента сцепления.

Из данных на рисунке 9 следует, что при выполнении измерений на стандартных автомобилях без автоматических средств поддержания скорости в допустимом ГОСТ 33078–2014 интервале движения (60 ± 2 км/ч) даже опытный водитель с вероятностью 50% не сможет обеспечить достижение необходимого результата.

В то же время после реализации вышеуказанных технических решений нормативного результата удаётся достигнуть в 94% случаев, даже при управлении лабораторией неопытным водителем. При этом коэффициент вариации результатов составляет менее 3%, что подтверждает эффективность реализованных решений с точки зрения надёжности достижения целевых показателей разработки.

Не менее кардинальной модернизации подверглось и программное обеспечение измерительного комплекса. Так, впервые в практике выполнения измерений коэффициента сцепления создана система настройки и автоматического управления всеми значимыми процессами (рис. 10), исходя из реальных условий и требований ГОСТ 33078–2014. Перечень параметров и диапазоны их настройки представлены в таблице 7.

Пример протокола измерений коэффициента сцепления новым комплексом представлен в таблице 8.

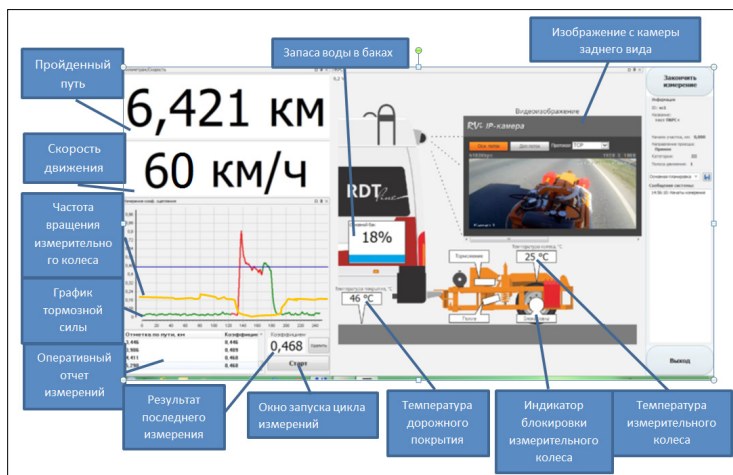


Рис. 10. Скриншот экрана бортового компьютера при выполнении измерений коэффициента сцепления

Важно отметить, что подобное представление результатов измерения коэффициента сцепления в сочетании с температурой покрытия и протектора измерительного колеса создаёт предпосылки для более точного прогнозирования сцепных свойств покрытий автомобильных дорог и назначения предельно допустимых значений при формировании нормативов технико-эксплуатационных показателей.

В сентябре 2015 года, используя предоставленное приказом Росстандарта право досрочного применения ГОСТ 33078–2014, специалисты ООО «Автодор-Инжиниринг» провели диагностику более 1500 км автомобильных дорог общего пользования, проходящих по территории Южного федерального округа.

Важно отметить, что в ходе реализации этого проекта совместными усилиями разнопрофильных специалистов производственной и инжиниринговой компаний было создано 8 объектов интеллектуальной собственности (ОИС), приоритет и права на которые защищены государственной регистрацией в Роспатенте (Федеральном институте промышленной собственности). В планах коммерциализация объектов интеллектуальной собственности через производство инновационной продукции.

В конце 2015 года разработан и утверждён Стандарт организации СТО 18104088–001–2015* «Измерительное колесо стандартное (ИКС) 6,45–13 (610x285). Требования к конструкции и производству. Методы испытаний», в соответствии с которым на одном из шинных заводов РФ созданы необходимые условия для производства этих изделий промышленными партиями.

Первая партия новых измерительных колёс стандартных (ИКС) 6,45–13 (610x285), предназначенных для установки на одноколёсные динамометрические прицепы типа ПКРС, используемые в составе передвижных дорожных лабораторий для измерения коэффициента сцепления дорож-

Таблица 8. Пример протокола измерений коэффициента сцепления

Идентификатор дороги: М-11 Москва — Санкт Петербург. Начало участка, км: 0,000. Конец участка, км: 7,608. Направление: Прямое. Номер полосы: 1. Дата измерений: 4.09.2015. Температура воздуха: 17 °С				
Отметка по пути, км	Коэффициент сцепления	Скорость, км/ч	Температура покрытия, °С	Температура колеса, °С
0,317	0,484	61	19,4	26,2
0,574	0,506	61	19,2	20
0,831	0,527	60	18,9	19,2
1,104	0,5	60	19	19,1
1,366	0,516	61	19	19,1
2,615	0,506	62	18,8	18,8
2,877	0,506	60	19,1	18,8
3,14	0,516	60	19,1	18,9
3,399	0,527	60	18,8	18,9
3,722	0,533	60	18,5	18,7
3,977	0,516	60	18,2	18,9
4,253	0,511	60	18,2	18,8
4,5	0,538	61	18,1	18,6
4,811	0,473	60	18,3	18,5
5,29	0,506	61	18,7	18,6
5,579	0,522	60	18,3	18,7
6,123	0,506	60	19	18,5
6,397	0,511	60	19,6	18,7
6,666	0,495	60	20,3	18,9
6,938	0,473	60	20	19,1
7,211	0,506	60	19,4	19,2
7,462	0,522	61	18,8	19,1

ного покрытия по ГОСТ 33078–2014, будет готова к отгрузке потребителям к началу марта 2016 года.

Основными факторами, негативно влияющими на сохранность автомобильных дорог Государственной компании, являются использование в зимнее время шипованных шин на всех группах автомобилей и перегрузка грузового автотранспорта. Использование шипованных шин в сочетании с высокой интенсивностью вызывает образование колеи износа с ухудшением до 5–10 мм ежегодно даже на полосах для легкового транспорта. Правые полосы дорог деформируются и разрушаются из-за перегрузки: из общего числа грузовых автомобилей порядка одной трети двигаются перегруженными. При этом допустимый вес транспортного средства у нас больше, чем, например, в США. Влияние этих факторов учитывается при оценке транспортно-эксплуатационных показателей автомобильных дорог

и прогнозировании их остаточного ресурса. Первые результаты оценки остаточного ресурса автомобильных дорог предполагается изложить в следующих публикациях.

Выводы

1. Оценка соответствия автомобильных дорог требованиям технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011) должна осуществляться на всех этапах их жизненного цикла, в том числе при оценке их технического состояния на основе соответствующих межгосударственных стандартов.

2. Планирование различных видов дорожных работ на основе остаточного ресурса на текущем этапе эксплуатации позволит оценивать эффективность вариантов назначенных мероприятий по продлению срока службы дорожных конструкций.

3. Для ежегодной оценки технического состояния автомобильных дорог

необходимо выполнять измерения сцепных свойств дорожного покрытия, продольной ровности дорожного покрытия и регистрацию дефектов дорожного покрытия. На основе полученных данных о деградации продольной ровности и выявленных дефектах покрытия назначаются участки для оценки прочности и модулей упругости слоёв эксплуатируемых дорожных конструкций с использованием установок ударного нагружения типа FWD.

4. Необходимо переработать ОДН 218.0.006–2002, приведя его положения в соответствие требованиями Технического регламента «Безопасность автомобильных дорог» в части методов оценки технико-эксплуатационных характеристик дороги, методики оценки транспортно-эксплуатационного состояния дороги (отказавшись от определения ряда частных коэффициентов обеспеченности расчётной скорости), а также переработать раздел планирования ремонтных работ, введя понятия гарантийных сроков, назначения работ по фактическому состоянию участка и оценке остаточного ресурса, выделить планирование ремонтов покрытия транспортных развязок, помимо критериев соответствия характеристик нормативным значениям ввести понятие однородности (коэффициента вариации) ровности, сцепления, прочности для характерного участка, предусмотреть как отдельный вид работ при диагностике мониторинг объекта во времени для динамики состояния автомобильной дороги.

5. Для применения установок ударного нагружения FWD в рамках отечественной нормативной базы специалистами ООО «Автодор-Инжиниринг» и Ростовского государственного строительного университета разработана «Инструкция по корректировке результатов оценки модулей упругости слоёв нежестких дорожных конструкций, полученных с использованием установки ударного нагружения (FWD) и приведение их к нормативной базе проектирования автомобильных дорог Российской Федерации», позволяющая осуществлять приведение значений динамического общего модуля упругости дорожной одежды, регистрируемого при времени контактного взаимодействия между покрытием дорожной одежды и грузом установки 30 мс, к проектным значениям общего

модуля упругости (для расчётного времени воздействия в соответствии с ОДН 218.046–01).

6. Установки ударного нагружения FWD позволяют осуществлять диагностику прочности нежестких дорожных одежд на протяжённых участках автомобильных дорог и определять локальные участки снижения прочности дорожной одежды, ниже заданного на стадии проекта значения минимально требуемого общего модуля упругости, что делает эту информацию крайне ценной как для проектных организаций, так и для организаций, занимающихся содержанием автомобильных дорог.

7. Наряду с возможностью анализа общего модуля упругости дорожной одежды на стадии эксплуатации возникает также и возможность оценки однородности данного показателя. Так, например, коэффициент вариации общего модуля упругости дорожной одежды на относительно новом (находящемся в эксплуатации 3 года) участке автомобильной дороги № 1 изменяется в диапазоне 10–18%, в то время как коэффициент вариации прочности дорожной одежды на участках автомобильных дорог, находящихся в эксплуатации 5–10 лет и свыше 10 лет, может достигать значений 26–56%, что свидетельствует о значительной неоднородности дорожной одежды, что необходимо учитывать при планировании ремонтных мероприятий.

8. Применение в ходе диагностики состояния автомобильных дорог передвижной лаборатории нового типа с модернизированным прицепом ПКРС позволяет Государственной компании «Автодор», эксплуатирующим организациям и организациям, осуществляющим работы по диагностике автомобильных дорог, реализовать право досрочного применения требований межгосударственного стандарта ГОСТ 33078–2014 для принятия адекватных управленческих решений в целях внедрения Технического регламента Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог» (ТР ТС 014/2011) [6] и повышения эффективности управления объектами дорожно-транспортной инфраструктуры [7].

Литература:

1. Федеральные дороги России. Транспортно-эксплуатационные качества и безопасность дорожного движения / М.Л. Ермаков [и др.] // М.: Федеральное дорожное агентство. Статистический аналитический сборник, 2008. 125 с.
2. Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника. Т. II. / А.П. Васильев (ред.) [и др.]. М., 2004.
3. СТО АВТОДОР 10.1–2013. Определение модулей упругости слоёв эксплуатируемых дорожных конструкций с использованием установки ударного нагружения. М., 2013.
4. Горский М.Ю. Основные положения новых межгосударственных стандартов на измерение параметров покрытия // Техническое регулирование в дорожном хозяйстве. Методическое пособие. М., 2014.
5. Живописцев И.Ф. Основные положения межгосударственного стандарта ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Требования к эксплуатационному состоянию» // Техническое регулирование в дорожном хозяйстве. Методическое пособие. М., 2014.
6. ТС 014/2011. Безопасность автомобильных дорог. Технический регламент Таможенного союза.
7. Совершенствование структуры отраслевой диагностики автомобильных дорог / С.П. Аржанухина [и др.] // Интернет-журнал «Науковедение». 2012. № 4(13). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/44tvn412.pdf>.

Выполнимы ли требования новых стандартов?

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.8

Багдасарян А.А., генеральный директор ОАО «СНПЦ «РОСДОПТЕХ» (г. Саратов)

Карпов А.В., главный метролог ОАО «СНПЦ «РОСДОПТЕХ» (г. Саратов)



Данной статьёй мы начинаем серию статей, посвящённых новым межгосударственным стандартам, принятым с целью обеспечения полноценного действия Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог». В статье рассматриваются недостатки, ошибки и неточности в формулировках вновь принятого стандарта ГОСТ 32729–2014, описывающего методы измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности. Сформулированы предложения по доработке текста стандарта для полноценного его внедрения.

Читая пояснительную записку к окончательной редакции ГОСТ 32729–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности», можно сделать вывод о том, что целью разработки и принятия нового нормативного документа была гармонизация методов и средств измерений в странах Таможенного союза, а также внедрение современного зарубежного опыта. Действительно, в странах Таможенного союза основными методами определения упругого прогиба были статический и динамический.

Статический, с помощью длинноразмерных прогибомеров под определённой статической нагрузкой, создаваемой колёсами гружёного автомобиля, позволяет найти величину статического

прогиба. Данный метод практически без изменений включён в новый стандарт. Он, цитирую, «рекомендован к применению в переходный период апробирования, набора данных и проведения испытаний на установках динамического нагружения» [1]. На каких установках?

На новых, современных. Динамический метод решили изменить. Действующие методы измерений и сами установки динамического нагружения называли, цитирую, «морально устаревшими, не отвечающими современным требованиям к измерительному оборудованию данного типа. Разработчиками стандарта за основу был взят прогрессивный метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд установками динамического нагружения падающим грузом с дополнительными изме-

...принятие решения по проведению каких-либо ремонтных мероприятий... конкретного сооружения основывается прежде всего на достоверной информации о его конструктивном исполнении и техническом состоянии.

рителями прогиба для определения параметров чаши прогиба дорожных одежд. Данный метод широко применяется в странах Европы и Северной Америки» [1].

При внимательном анализе текста нового стандарта возникает несколько вопросов, относящихся к содержанию раздела 4 «Требования к средствам измерений» [2].

Первый и наименее важный вопрос касается упоминаемого по тексту стандарта термометра с погрешностью измерений не более 1 °С в диапазоне от 0 до 45 °С по ГОСТ 13646–68 «Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия» [4]. Изучив данный ГОСТ, в частности таблицу 1, можно сделать вывод о том, что для измерений температуры в диапазоне от 0 до 45 °С необходимо иметь в наличии и применять на практике 12 (двенадцать!!) стеклянных

ртутных термометров группы I по ГОСТ 13646–68, т.к. они (термометры) выпускаются с диапазоном измерений 4 °С и ценой деления шкалы 0,01 °С.

Так зачем в новом стандарте дали ссылку на этот ГОСТ, если он требует такого количества термометров? И для каких целей вообще необходимы термометры? Судя по тексту раздела 7 нового стандарта, термометры необходимы для:

- контроля температуры окружающего воздуха выше 0 °С;
- контроля температуры слоёв дорожного покрытия в пределах от 5 до 40 °С.

Но для вышеописанных целей можно было задать применение совершенно других, более подходящих средств измерений. Для измерений температуры окружающего воздуха обычно применяют достаточно точные и распространённые приборы типа гигрометров психометрических ВИТ-1 и ВИТ-2 либо психометры аспирационные. Данные приборы обычно и применяются для контроля различных условий проведения испытаний.

А для контроля температуры поверхности можно было применить наиболее удобные для данного вида измерений приборы: либо пиро-

метр инфракрасный с разрешающей способностью 1 °С и относительной погрешностью 1 %, либо термометр электронный с погружаемым зондом.

Конечно, фраза «*Допускается применение средств измерений с точностью не ниже указанных выше*» [2] и подразумевает, что можно применить другие приборы. Но задавать в качестве основных средств измерений температуры «экзотические» стеклянные ртутные термометры, которыми точно никто не будет пользоваться, — это неправильно. Такое ощущение, что разработчики стандарта невнимательно читали содержание ГОСТа 13646–68.

В итоге, по нашему мнению, наиболее правильная формулировка должна была бы звучать так:

— *измеритель температуры в диапазоне от 0 до 45 °С с погрешностью не более 1 °С.*

Кстати, фраза «*Допускается применение средств измерений с точностью не ниже указанных выше*» [2], по нашему мнению, не совсем корректно звучит. Гораздо лучше написать:

— *Допускается применение других средств измерений с метрологическими характеристиками не хуже, чем указаны выше.*



Рис. 1. Установка динамического нагружения Дина-3М

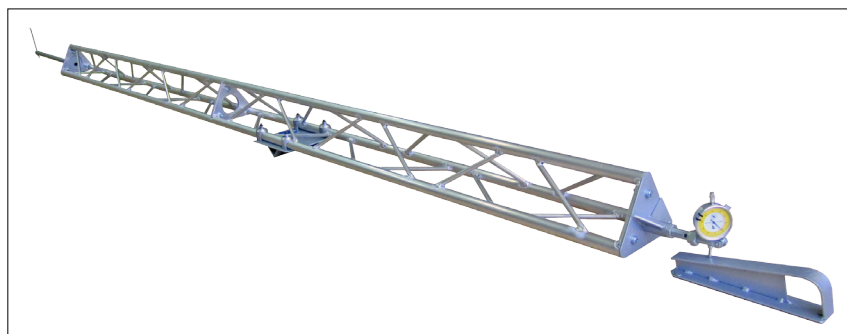


Рис. 2. Длиннобазовый прогибомер ПД-2,5



Рис. 3. Динамический прогибомер PRIMAX FWD



Рис. 4. Диагностическая установка Dynatest FWD

Второй и главный вопрос касается метрологических характеристик установки. Создаётся впечатление, что некоторые заданные характеристики очень сильно завышены, а некоторые вообще не учтены.

Требования к нагрузочной плите в составе установки выглядят следующим образом:

«1) нагрузочную плиту (жёсткий штамп), выполненную из металла, диаметром не менее 300 мм.»

Напрашивается вопрос: а можно ли применить плиту диаметром 400 или 500 мм. Скорее всего, нет. Но тогда нужно ограничить максимально возможный диаметр и сформулировать, к примеру, так:

— нагрузочную плиту (жёсткий штамп) диаметром от 300 до 330 мм [2].

Или так:

— нагрузочную плиту (жёсткий штамп) диаметром (315 ± 15) мм.

Требования к силоизмерителям в составе установки:

«— установка испытательная динамического нагружения падающим грузом, создающая требуемую нагрузку на дорожное покрытие с точностью до 0,1 кН, и включающая:

...

2) измеритель нагрузки, фиксирующий прилагаемую нагрузку с погрешностью не более 0,1 кН;» [2]

Если просмотреть характеристики средств измерений, а это тензодатчики, которые могут измерить необходимую нагрузку в пределах от 30 до 65 кН, то обращаем внимание на тот факт, что ни один из существующих

тензодатчиков — ни в Российской Федерации, ни за рубежом — не сможет удовлетворить назначенным требованиям даже в статике. А у нас динамические измерения.

И откуда такое высокое требование — 0,1 кН? Знакомясь с описанием зарубежной установки PRIMAX FWD\HWD, обнаруживаем следующий параметр — «разрешение» (разрешающая способность или цена деления) равное 0,1 кН. А погрешность установки PRIMAX FWD\HWD равна $(1 \% \pm 0,1 \text{ кН})$. В итоге новый стандарт требует применять установку с характеристикой на порядок лучшей, чем у аналогичного зарубежного оборудования, которое было взято как образец при подготовке стандарта. Скорее всего, при подготовке стандарта вкралась ошибка при переводе технических характеристик зарубежной установки, и характеристики установки в нашем стандарте следует записать более реальные. Кроме того, точностные характеристики не должны быть максимально возможными. Должна же быть конкуренция у производителей. Предлагаем требования к силоизмерителям сформулировать так:

— установка испытательная динамического нагружения падающим грузом, создающая требуемую нагрузку на дорожное покрытие согласно таблице 1 и включающая:

...

2) измеритель прилагаемой нагрузки с диапазоном измерений не менее чем от 30 до 65 кН, разрешающей способностью 0,1 кН и с погрешностью измерений не более $(2 \% \pm 0,1 \text{ кН})$.

Считаем, что такая же ошибка вкралась и с измерителями прогиба, для которых вместо разрешающей способности задана погрешность 0,01 мм. Предлагаем требования к измерителям прогиба сформулировать так:

3) измерители прогиба с диапазоном измерений от 0 до 3 мм, разрешающей способностью 0,01 мм и приведённой погрешностью не более 2 %.

Никто из нас не сомневается в том факте, что чем точнее будет измерен какой-либо параметр, тем лучше для окончательных результатов испытаний и исследований. Но существуют разумные пределы, за которые не следует выходить. И причины здесь в нецелесообразности из-за резкого увеличения конечной стоимости изделий, непропорционально достигнутым точностным результатам измерений.

Что касается статического прогиба, то в Казахстане с успехом применяют пресс-штампы со встроенными динамометрами [3]. И если принято решение временно разрешить статический метод измерений, то почему бы не разрешить и применение пресс-штампов. С учётом вышеизложенных замечаний и предложений раздел А.1 приложений А к стандарту можно сформулировать следующим образом:

При выполнении измерений применяют следующие средства измерений и вспомогательные устройства:

— установка испытательная, включающая:

1а) гибкий штамп с нагрузкой $(50,0 \pm 0,5)$ кН, эквивалентным диаметром отпечатка на дорожном покрытии (330 ± 30) мм и давлением в колесе $(0,60 \pm 0,05)$ МПа;

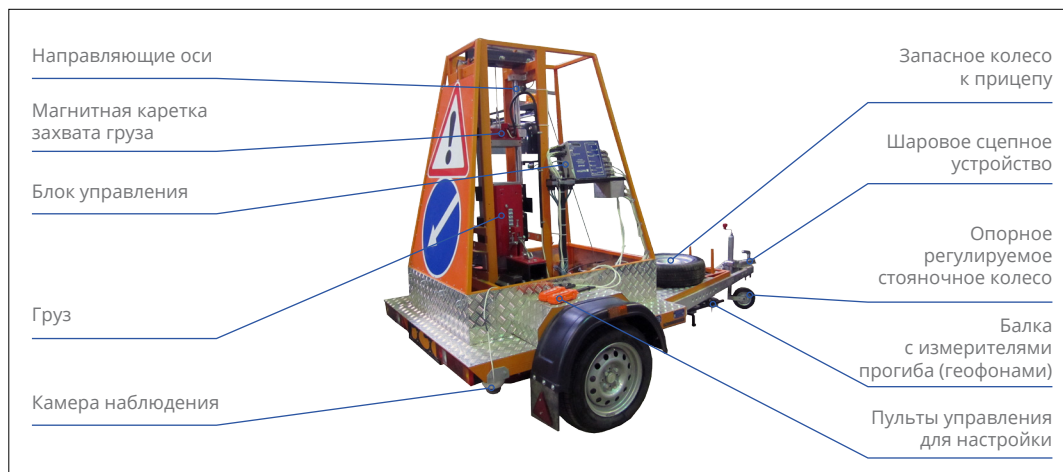


Рис. 5. Установка динамического нагружения ДИНА-РДТ с обеспечением измерения параметров чаши прогиба и изменением нагружения от 30 до 65 кН

Или:

1б) механическое приспособление типа «Пресс-штамп» с диаметром штампа (330±10) мм, диапазоном задания нагрузки от 30 до 65 кН и относительной погрешностью измерений заданной нагрузки 1 %;


2) прогибомер длиннобазовый с длиной грузового плеча не менее 2500 мм и соотношением длин плеч (измерительного к грузовому) 1:2;

3) индикатор часового типа по ГОСТ 577 с диапазоном измерений от 0 до 10 мм, ценой деления 0,01 мм и классом точности 1; — рулетка металлическая по ГОСТ 7502 с номинальной длиной не менее 3 м и классом точности 3;

— измеритель температуры в диапазоне от 0 до 45 °С с погрешностью не более 1 °С.

Допускается применение других средств измерений с метрологическими характеристиками не хуже, чем указаны выше.

Таким образом для полноценного внедрения нового стандарта требуется незамедлительно внести соответствующие изменения в текст ГОСТ

32729 –2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности». 

Литература:

1. Пояснительная записка к окончательной редакции проекта ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности» ПМС RU.1.101–2013.
2. ГОСТ 32729–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Метод измерения упругого прогиба нежестких дорожных одежд для определения прочности. М.: Стандартинформ, 2014. 8 с.
3. ОДМ 218.3.023–2012. Методические рекомендации по определению модуля упругости дорожной одежды с использованием статического жесткого штампа.
4. ГОСТ 13646–68. Термометры стеклянные ртутные для точных измерений. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. 10 с.



Рис. 6. Пресс-штамп ПШ-050



Рис. 7. Пресс-штамп ПШ-050РДТ

Интервью с создателем диагностической лаборатории мониторинга улично-дорожной сети Васильевым Ю.Э.

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.9

Дал интервью: Васильев Ю.Э., д.т.н., профессор кафедры «Дорожно-строительные материалы» МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва), руководитель разработки передвижной дорожной лаборатории мониторинга улично-дорожной сети «АДС-МАДИ»

Интервьюировал: Бойков В.Н., зав. кафедрой МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва), председатель совета директоров группы компаний «Индор» (г. Томск)



— Юрий Эммануилович, в отличие от других мобильных дорожных диагностических лабораторий (ФГУ «РосДорНИИ», НПО «Регион», СНПЦ «Росдортех») лаборатория «АДС-МАДИ» предназначена для мониторинга улично-дорожной сети (УДС) городов. В этом есть какая-то специфика?

— Да, специфика, безусловно, есть.

Это связано прежде всего с большой загруженностью городских улиц и дорог в дневное время — по этой причине лаборатория «АДС-МАДИ» создавалась для работы исключительно в ночное время. Кроме того, она проектировалась преимущественно для машинного распознавания, в связи с чем исходные материалы видеокomпьютерного сканирования (по крайней мере на момент создания в 2007 году) имеют более высокое разрешение: 5–10 мм на пиксель.

Ещё одна особенность, крайне важная для работы в городских условиях, — рабочая скорость для всех систем сканирования (исключая георадарное зондирование) составляет от 0 до 20 м/с, что необходимо при заведомо неравномерной скорости движения лаборатории в условиях города.

Кроме того, время развёртывания «АДС-МАДИ» в рабочее положение, как городской машины, крайне мало и не требует ежедневных юстировок и калибровок. На объекте достаточно подвесить и включить георадары. Остальное оборудование включается на ходу по пути к объекту. Оптический измерительный комплекс на «удоч-

ке» установлен на собственных приборных амортизаторах. Его калибровка может быть нарушена только в результате ДТП.

При этом лаборатория характеризуется высокой «вандалостойкостью». Оптическое оборудование установлено открыто, но на недоступной высоте, а система определения продольной ровности видна только во включенном состоянии. Для «вандалов» доступны датчики пути и георадары, но их можно легко демонтировать на стоянке.

По списочному составу получаемых данных версия лаборатории «АДС-МАДИ» 2007 года вполне соответствует заявленным паспортным возможностям лабораторий наших коллег, за



Описание модулей лаборатории «АДС-МАДИ»



Лаборатория «АДС-МАДИ»



Лаборатория изначально создавалась для работы в ночное время

исключением того, что поперечная ровность и фотоплан могут быть зафиксированы на ширине до 12 метров, что при грамотной организации работ повышает производительность комплекса в 2,5 раза.

— Поскольку Вы — не просто конструктор, но в первую очередь учёный, то вопрос к Вам по терминологии. Известный дорожникам нормативный документ ОДН 218.0.006–2002 регламентирует работы по диагностике и оценке состояния дорог, а лаборатория «АДС-МАДИ» выполняет работы по мониторингу дорог. Как, по Вашему мнению, соотносятся эти термины: «мониторинг», «диагностика», «оценка состояния»?

— Все три понятия должны составлять единый комплекс, так как мониторинг представляет собой регулярные работы по диагностике и оценке транспортно-эксплуатационного состояния.

В упомянутом Вами документе в пункте 4.1.2 указано, что «Систематический мониторинг является основой управления состоянием автомобильных дорог и исходной базой для эффективного использования средств и материальных ресурсов, направляемых на реконструкцию, ремонт и содержание дорожной сети». По большому счёту не систематического мониторинга быть не может, так как работы, выполняемые разово или от случая к случаю, называть мониторингом не следует.

В дополнение к этому можно говорить о том, что в ходе мониторинга должна быть получена объективная

информация, обеспечивающая возможность прогнозирования состояния объекта во времени в процессе эксплуатации, а также выработки обоснованных управленческих решений, в том числе связанных с назначением ремонтных мероприятий.

Так, в Москве ещё в 2008 году была утверждена «Концепция развития дорожно-ремонтной отрасли и формирования комплексного подхода к организации ремонта и содержания улично-дорожной сети города Москвы», в которой было указано, что в целях формирования и ведения базы данных непрерывного компьютерного мониторинга необходимо производить инструментальное обследование улично-дорожной сети Москвы с использованием дорожных лабораторий не реже двух раз в год весной и осенью.

Также в пункте 4.8.6 упомянуто следующее: «...При наличии оборудования для видеокomпьютерной съёмки её производят в процессе движения автомобиля со скоростью, которая обеспечивает последующую обработку результатов. В этом случае заполнение журнала дефектов производят при камеральной обработке результатов обследования». Используемый термин «видеокomпьютерная съёмка» был названием метода работы прототипа «АДС-МАДИ» 1999 года, и разрабатываемый в то время ОДН испытал влияние этого метода и этой машины, сочетавшей в себе широко применяемую в то время видеокамеру и новейшую запатентованную нами систему видеокomпьютерного линейного сканирования.

ОДМ допускает при отсутствии оборудования для видеокomпьютерной съёмки вести глазомерную оценку с занесением дефектов одежды в журнал. Естественно, такая практика недопустима, так как созданные сегодня дорожные лаборатории призваны обеспечить получение полного комплекса необходимой информации о состоянии дорожного объекта.

Кроме того, в ОДМ рассматривается возможность «глазомерной оценки» состояния объекта в процессе движения исполнителя в транспортном средстве, движущемся со скоростью до 30 км/час. Естественно, говорить об объективности получаемой информации не представляется возможным.

— В процессе разработки лаборатории Вами получен ряд патентов на изобретения. В чём «ноу-хау» лаборатории «АДС-МАДИ»?

— Часть проблем, решённых при создании «АДС-МАДИ», уже перечислена. Это работа на скоростях от 0 км/час до какого-то разумного предела скорости, ежесекундно, с высокой производительностью, без долгого развёртывания и калибровок, с возможностью привязки к глобальной спутниковой навигации GPS/ГЛОНАСС, а также с привязкой к зданиям и сооружениям при любых отказах спутниковой навигации, с чем мы часто сталкиваемся в условиях плотной городской застройки мегаполиса, а также с обработкой получаемой информации преимущественно средствами машинного распознавания.

Рассказывать о конкретных реализованных патентах неинтересно, потому что они... устарели.

— Мы знаем, что мониторинг УДС Москвы выполняется посредством лабораторий «АДС-МАДИ». Какие управленческие и технические решения по совершенствованию УДС принимаются (или могут приниматься) на основе данных этих лабораторий?

— Как уже говорилось, в Москве ещё в 2008 году была утверждена «Концепция развития дорожно-ремонтной отрасли...», которая регламентирует управленческие и технические решения, в частности, обеспечивающие принятие соответствующих оптимальных и объективных управленческих решений.

— Каковы Ваши планы по мониторингу УДС Москвы в этом году?

— Как минимум реализовать Постановление Правительства Москвы от 23.12.2008 № 1202-ПП, в котором указывалось на необходимость не реже двух раз в год в целях формирования и ведения базы данных непрерывного компьютерного мониторинга производить инструментальное обследование улично-дорожной сети Москвы с использованием дорожных лабораторий.

— А полезен ли опыт Москвы по мониторингу дорог для других городов?

— Русскому человеку очень тяжело признаться, что по организации мониторинга городских улиц именно Москва находится в ряду передовых примеров такой деятельности. Нам не нравится, как организована наша московская система мониторинга, но во многих городах России, СНГ и даже Европы дела обстоят значительно хуже. В условиях чудовищной климатической и транспортной нагрузки на автомобильные пути сообщения нашего мегаполиса мониторинг жив и служит основой для выработки организационно-управленческих решений, в том числе при назначении ремонтных мероприятий. Как обычно, больше всего мы продвинуты в части теории и готовы к мониторингу любого города и любой дороги. Единственным препятствием для использования опыта Москвы и «ноу-хау» наших лабораторий в других городах может быть такое состояние дорог, при которых сканер «АДС-МАДИ» следует заменить на сканер грунтовых

Работа за городом требует оперативной передачи данных на обработку отдельно от лабораторий. И здесь проявилось ещё одно достоинство системы видеокomпьютерного сканирования — минимальный объём информации, что позволило организовать её передачу по интернету.

дорог на базе, например, вездехода «Садко».

— Работают ли лаборатории «АДС-МАДИ» на загородных дорогах?

— Лаборатории «АДС-МАДИ» участвовали в работах по диагностике федеральных автомобильных дорог по заданию «Росавтодора» в 2008–2009 годах, а также при обследовании магистралей М-4 «Дон» и М-5 «Урал».

Работа за городом требует оперативной передачи данных на обработку отдельно от лабораторий. И здесь проявилось ещё одно достоинство системы видеокomпьютерного сканирования — минимальный объём информации, что позволило организовать её передачу по интернету.

— Данные с лабораторий могут конвертироваться в информационные (геоинформационные) системы? Если да, то в какие?

— По условиям контрактов в настоящее время для обработки данных мы пользуемся таблицами и формами, производными от ОДН 218.0.006–2002, и не используем ГИС. Наши исходные данные не имеют какой-либо специфики (фото, сканы, текстовые файлы, координаты ГЛОНАСС/GPS) и могут быть интегрированы с учётом геометрии и положения измерительного комплекса в большинство ГИС, поддерживающих нечёткую топологию данных. При обработке, преимущественно в виде векторизации объектов и дефектов, нам не составит труда использовать готовую систему координат и правил, например IndorRoad на основе конверторов координат IndorGIS. Обработанные данные в этом случае будут соответствовать требованиям конкретной ГИС. Сказанное верно и для других ГИС.

— В настоящее время «Росавтодор» приступил к переработке нормативной базы диагностики дорог и модернизации АБДД «Дорога».

Насколько этот вопрос актуален и как, какими силами организован или должен быть организован процесс, участвует ли в нём МАДИ?

— Нормативная база диагностики дорог требует серьёзного совершенствования с учётом современных диагностических комплексов, созданных на базе различных дорожных лабораторий, обеспечивающих оперативный сбор объективной информации о транспортно-эксплуатационном состоянии дорожных объектов. Естественно, это вызывает необходимость коренной модернизации АБДД «Дорога» как минимум в связи с обеспечением организации ввода информации, полученной с помощью современных дорожных лабораторий.

— Предполагаете ли Вы дальнейшее совершенствование лаборатории, и в чём оно заключается?

— В настоящее время разработан проект дорожной лаборатории модификации «АДС-МАДИ» 2016 года. В данном проекте предполагается существенная модернизация лаборатории по сравнению с образцом 2007 года.

Лаборатория будет укомплектована дополнительными системами измерения микрошероховатости дорожного покрытия на всём диапазоне рабочих скоростей, измерения шума от взаимодействия колёс с дорожным покрытием, оценки количества и качества противогололёдных реагентов.

Георадары будут заменены сертифицированными приборами электромагнитной разведки на базе многоантенных систем с переменной частотой и синтезированной апертурой, за счёт чего в значительной степени будет увеличена разрешающая способность.

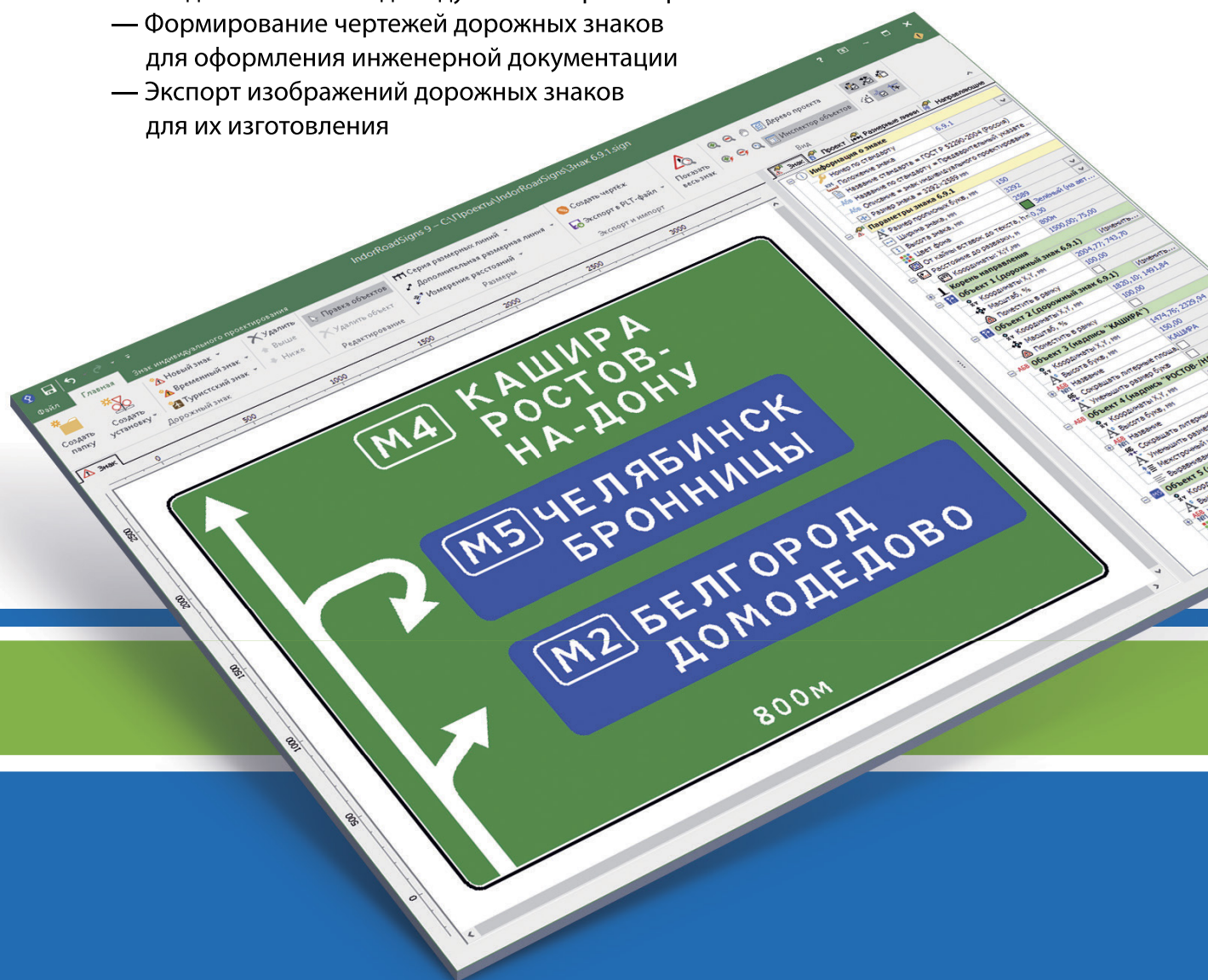
Будет усовершенствована система сканирования, обеспечивающая уверенное распознавание трещин раскрытием от 0,5 мм.

Также будут применены и иные технические решения. ■



Проектируйте дорожные знаки в IndorRoadSigns

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



Реклама

Поддержка актуальной нормативной базы:

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

Экологическая политика государственной компании «Автодор» в информационном поле

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.10

Трофименко Ю.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой МАДИ (г. Москва)

Дается обзор экологической политики государственной компании «Российские автомобильные дороги», принятой в виде СТО 7.1–2013 «Зелёный стандарт». Описываются этапы и ключевые механизмы реализации политики.

Государственной компанией «Автодор» разработана и введена приказом № 277 от 04.12.2015 новая Экологическая политика на период до 2030 года [1]. Создана рабочая группа по организационному и методическому сопровождению внедрения мероприятий и актуализации Экологической политики, куда вошли специалисты отрасли, учёные, представители общественных организаций.

В основу данной политики заложены принципы организации деятельности государственной компании, её подрядных организаций и концессионеров в области охраны окружающей среды, обеспечения экологической безопасности, рационального природопользования и энергоэффективности.

При строительстве и эксплуатации автомобильных дорог особенно важным является создание и поддержание устойчивой среды обитания в их зоне влияния, сохранение естественных экологических систем и природных ресурсов на природных территориях — «среды социального и экологического воспроизводства, интегрированной в различные местные условия», позволяющей людям строить жизнь, отвечающую их базовым потребностям.

На основе данных комплексного обследования территорий в зонах сооружения автомобильных дорог, анализа экологического состояния окружающей природной среды на территории расположения перспективной сети скоростных автомобильных дорог и автомагистралей государственной компании (Европейская часть России), прогноза экологического совершенствования объектов компании были разработаны рекомендации, подготовлены методическое обеспечение и комплекс нормативно-правовых документов, составляющих основу Экологической политики государственной компании до 2030 года.

Стратегическая цель Экологической политики ГК «Автодор» — снизить негативное воздействие

объектов государственной компании на окружающую природную и социальную среду в зоне их воздействия до безопасного уровня на всех этапах жизненного цикла этих объектов (строительство, реконструкция, эксплуатация и вывод из эксплуатации).

Локальными целями являются:

- обеспечение устойчивого развития ГК «Автодор»;
- обеспечение экологической безопасности в зоне воздействия дорожной сети и объектов ГК «Автодор»;
- обеспечение рационального природопользования и энергоэффективности на этапах жизненного цикла объектов ГК «Автодор»;
- обеспечение инвестиционной привлекательности ГК «Автодор» как экологически и социально ответственной компании.

Этапы реализации

Экологическая политика предусматривает три этапа реализации. Первый этап (2015–2016 годы) включает в себя разработку и принятие Экологической политики ГК «Автодор», разработку и осуществление следующих первоочередных мероприятий:

- создание современной системы экологических требований к государственным закупкам, к реализации проектов строительства дорог;
- принятие СТО ГК «Автодор» «Экологические стандарты и система мониторинга экологических показателей на объектах Государственной компании» и других первоочередных нормативных правовых документов;
- проведение оценки воздействия автомобильной дороги на окружающую среду на предпроектной стадии, внедрение ландшафтно-ориентированного проектирования;
- апробация и закрепление моделей и форм взаимодействия с частными инвесторами, операторами рынка платных дорог и объектов дорожного сервиса, пользователями дорог, институтами гражданского общества, экспертным и научным сообществом, общественными экологическими организациями, органами власти всех уровней в вопросах дорожной экологии на этапах изысканий,

проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог ГК «Автодор»;

- активизация работы Комитета по общественному экологическому контролю строительства и эксплуатации скоростных автомобильных дорог России при ГК «Автодор»;
- проведение рейтингования объектов дорожного сервиса на участках платных автомагистралей и скоростных дорог ГК «Автодор» по СТО 7.1–2013 «Зелёный стандарт» [2].

Второй этап рассчитан на период 2017–2020 годов и направлен на стабилизацию негативного воздействия дорог и других объектов ГК «Автодор» на окружающую среду на уровне 2015 года (по удельным показателям), снижение рисков чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного, техногенного и социального характера на 30% (по сравнению с 2015 годом) за счёт внедрения следующих основных мероприятий:

- формирование экономических механизмов, направленных на обеспечение экологической безопасности, рационального природопользования и энергоэффективности, включая стимулирование подрядных организаций, осуществляющих программы экологической модернизации строительства;
- внедрение системы экологического менеджмента, менеджмента безопасности, ресурсо- и энергоэффективности и социальной ответственности ГК «Автодор», стимулирование добровольной сертификации, экологического и энергетического аудита, страхования в ГК «Автодор» и в подрядных организациях;
- разработка информационно-технических справочников и реестров наилучших доступных технологий (НДТ), апробация и внедрение на объектах

ГК «Автодор» экологически безопасных, ресурсо- и энергоэффективных инновационных материалов и технологий, в том числе возобновляемых источников энергии;

- анализ уязвимости элементов дорожной инфраструктуры, преимущественное использование в проектах строительства и реконструкции дорог ГК «Автодор» защитных инженерных сооружений, поддерживающих природные процессы регенерации и самоочищения компонентов природной среды, ландшафтных мостов для снижения негативного эффекта фрагментации ландшафтов, природных и искусственных преград на пути распространения шума;
- внедрение систем экологического мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также последствий изменения климата на автомобильных дорогах с использованием ГИС-технологий, обеспечивающих свод данных мониторинга и анализа экологической ситуации различной степени детализации и использования;
- проведение энергетического обследования и паспортизации объектов ГК «Автодор» в части оценки их энергетической эффективности;
- вовлечение всего персонала ГК «Автодор» в деятельность по уменьшению экологических рисков, улучшению систем экологического менеджмента, менеджмента безопасности, социальной ответственности и производственных показателей в области дорожной экологии;
- внедрение в практику деятельности ГК «Автодор» независимого аудита и форм отчётности в области экологической безопасности и социальной ответственности, предусмотренных «Принципами

Предварительные оценки показали, что в совокупности положительный социально-экономический эффект от реализации Экологической политики примерно в пять раз перекроет вред, причиняемый окружающей среде и объектам государственной компании.

экватора», выполнение экологических требований Международной финансовой корпорации.

Третий этап (2021–2030 годы) связан с достижением целевых показателей, предусматривающих обеспечение устойчивого развития, экологической безопасности, рационального природопользования и энергоэффективности, инвестиционной привлекательности ГК «Автодор» на мировом уровне. Сюда же относится сокращение на 20–30% негативного воздействия автомобильных дорог ГК «Автодор» на окружающую среду по сравнению с уровнем 2015 года (на км протяжённости дорог), снижение рисков возникновения ЧС природного, техногенного и социального характера до допустимого (на 2030 год) уровня, в том числе:

- внедрение в систему принятия управляющих решений методологии учёта стоимости экосистемных услуг — с учётом перспективных затрат на поддержание устойчивого развития придорожных территорий (экономических выгод от сохранения естественных природных систем, природных ландшафтов и природного комплекса на придорожных территориях);
- использование НДТ по обеспечению экологической безопасности, рационального природопользования и энергоэффективности на этапах жизненного цикла дорог не менее чем на 50% на объектах ГК «Автодор»;
- снижение рисков возникновения ЧС природного, техногенного и социального характера на объектах ГК «Автодор» до требуемого на 2030 год уровня, минимизация затрат на ликвидацию последствий ЧС;
- распространение принципов зелёного развития на линейные объекты ГК «Автодор», осуществление их рейтингования;
- выход ГК «Автодор» в число мировых лидеров по инвестиционной привлекательности как экологически и социально ответственной компании.

Ключевые механизмы реализации Экологической политики

Определены следующие ключевые механизмы реализации Экологической политики:

- принимаемые в развитие положений Экологической политики планы действий, нормативные документы по достижению целевых показателей (ожидаемых конечных результатов), другие мероприятия;
- совершенствование нормативной правовой и методологической базы природоохранной деятельности ГК «Автодор», инициативы по развитию нормативных правовых актов и методических документов Росавтодора, Минтранса, других федеральных органов исполнительной власти, Правительства

и Федерального собрания Российской Федерации в области устойчивого развития, экологической безопасности, рационального природопользования и энергоэффективности дорожного хозяйства;

- формирование экономических механизмов, направленных на обеспечение экологической безопасности, рационального природопользования и энергоэффективности, включая стимулирование подрядных организаций, осуществляющих программы экологической модернизации производства путём внедрения наилучших доступных технологий, использования возобновляемых природных ресурсов. Стимулирование привлечения инвестиций для уменьшения негативного воздействия на окружающую среду, внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий;
- реформирование системы управления ГК «Автодор» в области устойчивого развития, экологической безопасности, рационального природопользования и энергоэффективности и максимальное привлечение общественности, экспертов, научных специалистов, представителей бизнеса к принятию экологически значимых решений. Эффективное распределение полномочий между структурными подразделениями ГК «Автодор», её дочерними и зависимыми структурами, подрядными организациями. Исключение избыточных и дублирующих друг друга функций.

Эффективность

Экономическая оценка экологических и социальных эффектов реализации Экологической политики до 2030 года осуществлялась при использовании методологии экономического анализа «затраты-выгоды». Оценивалась общественная выгода от снижения смертности и травматизма людей и животных в ДТП, экономия времени, топлива, эффект от роста стоимости земель и имущества, расположенного вблизи дорог, от создания многофункциональных зон дорожного сервиса, а также от краткосрочного мультипликатора инвестиционных расходов. Также оценивался вред, который наносят окружающей среде климатические изменения, вызванные парниковым эффектом, загрязнения атмосферы, почвы, лесов токсичными веществами, гибель животных при строительстве и эксплуатации дорог, загрязнение водных объектов, вред от образования и размещения отходов при строительстве и эксплуатации дорог, а также транспортного шума. Предварительные оценки показали, что в совокупности положительный социально-экономический эффект от реализации Экологической политики примерно в пять раз перекроет вред, причиняемый окружающей среде и объектам государственной компании.

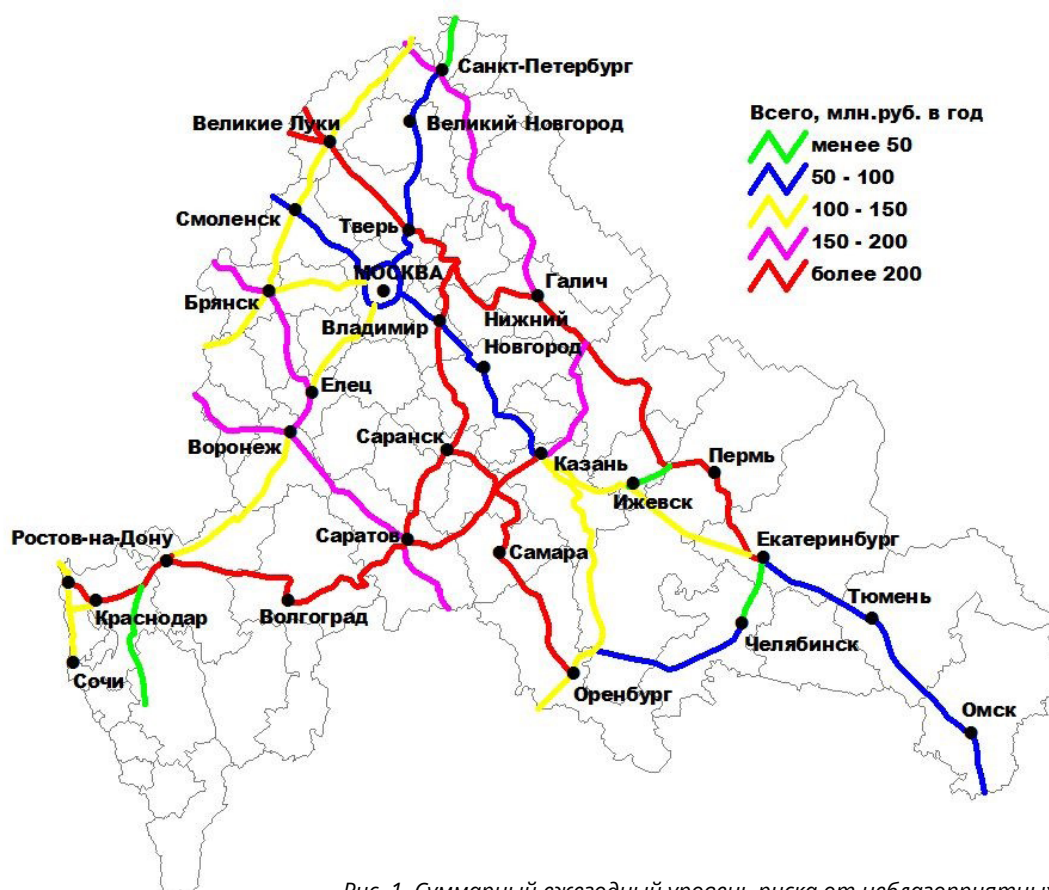


Рис. 1. Суммарный ежегодный уровень риска от неблагоприятных природных явлений

Формирование Экологической политики, и особенно её реализация, невозможно без масштабного использования современных информационных технологий на этапах:

- инженерно-экологических изысканий в коридоре прокладки трассы дороги;
- строительства и эксплуатации дорог — мониторинг экологических показателей на объектах и контроль реализации Экологической политики;
- прогнозные оценки экологического развития объектов госкомпании.

Инженерно-экологические изыскания в зоне прохождения автомобильных дорог государственной компании

Данный анализ проводился по следующим направлениям:

- аэрокосмические и наземные обследования трасс дорог с выявлением потенциально опасных зон и участков, мест загрязнений, захоронений, свалок и особо охраняемых природных территорий;
- ландшафтно-географический и геодезический анализ территории трасс;
- современные экзогенные геоморфологические процессы;

- радиационные и токсичные загрязнения;
- леса и лесные пожары;
- загрязнения атмосферы;
- гидрологическая безопасность, овражная эрозия, сели;
- сейсмо-тектоническое районирование, экзодинамическая и сейсмическая безопасность;
- температурный режим пород и районирование территории по мерзлотным условиям;
- изменение русел и пойм.

Анализ экологического состояния территорий расположения перспективной дорожной сети показал, что:

- 35% всех планируемых дорог будет проходить по крупным лесным массивам;
- 24% — по почвам с отсутствием плодородного слоя;
- 22% — по почвам с высоким риском активизации процессов водной эрозии в результате строительства;
- 12% — по почвам с высоким риском активизации процессов ветровой эрозии почв в результате строительства;
- 12% — по землям с высоким риском возникновения придорожных лесных пожаров;
- 11% — по почвам с высоким риском активизации процессов вторичного переувлажнения;

нения и заболачивания почв в результате строительства.

На рисунке 1 приведены результаты оценки суммарного ежегодного уровня риска от неблагоприятных природных явлений.

В совокупности указанные виды риска от неблагоприятных природных явлений и лесных пожаров составят для инновационного сценария более 2,3 млрд руб./год.

Выявлена следующая значимость причин возникновения этого риска: наводнения и подтопления (38,4%), карстовые процессы (23,8%), лесные пожары в придорожной полосе (12%), просадки почвы (11,5%), ливнево-гололёдные разрушения (8,7%), оползни (2,9%), землетрясения (2,4%), сели (0,2%).

Данные исследования позволяют выявить участки перспективной дорожной сети на предмет их разрушений в результате климатических изменений и неблагоприятных природных явлений.

Важным с позиций информатизации является **мониторинг экологических показателей на объектах и контроль реализации Экологической политики.**

Разработан проект СТО АВТОДОРА «Экологические стандарты и системы мониторинга показателей на объектах Государственной компании», который определяет требования к экологическим стандартам и системе мониторинга экологических показателей, характеризующих уровень негативного воздействия дорожных объектов на окружающую среду и эффективность реализации Экологической политики государственной компании «Российские автомобильные дороги». Интерес представляют разработанные в проекте стандарта коллективом специалистов — представителей Российской Академии Наук, Роскосмоса, Росатома, высшей школы, отраслевой науки требования к назначению, составу системы мониторинга экологических показателей на объектах государственной компании, измерению их значений, а также требования к сбору и передаче экологической информации аппаратно-программному комплексу получения информации и её обработки, включающему использование дистанционных, в том числе космических, аппаратов дистанционного зондирования Земли, системе поддержки и принятия решений, обработке и представлению результатов мониторинга

экологических показателей на объектах государственной компании.

Государственной компанией не принят данный нормативный документ и не определены затраты на реализацию указанных выше требований к аппаратно-программному комплексу мониторинга, системе поддержки и принятия решений по результатам мониторинга, требований к обработке и представлению данных с результатами мониторинга. Поэтому пункты проекта СТО о необходимости создания, направлениях деятельности Центра управления и анализа, а также приведённые в Приложении схема мониторинга экологических показателей на объектах государственной компании и схема взаимодействия системы мониторинга экологических показателей с ЕТРИС ДЗЗ (рис. 2) являются рекомендуемыми.

Разработан макет прототипа системы мониторинга экологических показателей и оценки экологического состояния существующих и проектируемых автомобильных дорог, а также макет специализированной подсистемы дистанционного экологического мониторинга регионов прохождения автотрасс ГК «Автодор» «ВЕГА-ПРО», созданной на основе технологии GEOSMIS и удовлетворяющей технологическим требованиям к информационной системе мониторинга.

Представляется, что система мониторинга экологических показателей объектов госкомпании, работающая в реальном времени, должна быть составным элементом единой системы мониторинга технико-эксплуатационных показателей скоростных автомобильных дорог на этапе их эксплуатации.

На этапе строительства дорог значительные информационные потоки будут формироваться в случае принятия разработанного проекта СТО госкомпании «Требования к производственному экологическому контролю (мониторингу) при строительстве автомобильных дорог».

Основанием для разработки стандарта являются следующие обстоятельства:

- в дорожной отрасли отсутствуют какие-либо руководящие документы, регулирующие проведение производственного экологического контроля (ПЭК) в процессе строительства автомобильных дорог, в то время как целый ряд российских законодательных актов непреложно требует исполнения такого контроля;
- существующие немногочисленные подзаконные нормативные документы, касающиеся ПЭК, носят самый общий характер и не раскрывают особенностей его проведения. Они относятся к промышленным предприятиям и не учитывают специфики проведения строительных работ на линейных объектах транспортной инфраструктуры;
- практика последних полутора десятков лет строительства автомобильных дорог, таких

...система мониторинга экологических показателей объектов госкомпании, работающая в реальном времени, должна быть составным элементом единой системы мониторинга технико-эксплуатационных показателей скоростных автомобильных дорог на этапе их эксплуатации.

как «Кольцевая автомобильная дорога» и «Западный скоростной диаметр» в Санкт-Петербурге, скоростная автомобильная дорога Москва — Санкт-Петербург, показывает, что строительные компании нередко попадают в весьма затруднительные ситуации, подвергаются штрафным санкциям в результате проведения проверок органами государственного экологического надзора за нарушение природоохранных требований, что во многом объясняется недостаточной экологической культурой строительства, обусловленной, в том числе, отсутствием ясных и однозначных руководящих указаний по организации ПЭК при строительстве. Надо принимать во внимание, что в связи с введением новой редакции закона «Об охране окружающей среды» с 2015 года и принятием соответствующих поправок в «Кодекс об административных правонарушениях»,

предопределяющих многократное возрастание штрафных санкций за нарушение природоохранных требований, роль ПЭК и выполнение его требований многократно возрастает.

Задачами, которые должен решать стандарт, являются:

- контроль за соблюдением общих природоохранных требований;
- контроль за выполнением мероприятий по охране окружающей среды, предусмотренных проектной документацией;
- контроль за состоянием и параметрами окружающей среды посредством проведения производственного экологического мониторинга (ПЭМ);
- контроль за соблюдением требований к охране атмосферного воздуха по защите от шума и вибраций;
- контроль за своевременным получением разрешительной документации на пользование водными объектами, а также за

соблюдением нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых в водные объекты и/или в системы коммунальной канализации;

- контроль за обращением с отходами, включая контроль за своевременной разработкой, согласованием, утверждением и соблюдением установленных нормативов образования строительных отходов и лимитов на их размещение;
- контроль за соблюдением требований к охране почв и земельных ресурсов;
- контроль за выполнением мероприятий по рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов;
- контроль за соблюдением требований к охране растительного и животного мира, включая водные биоресурсы;
- контроль за соблюдением режима охраны и использования особо охраняемых природных терри-

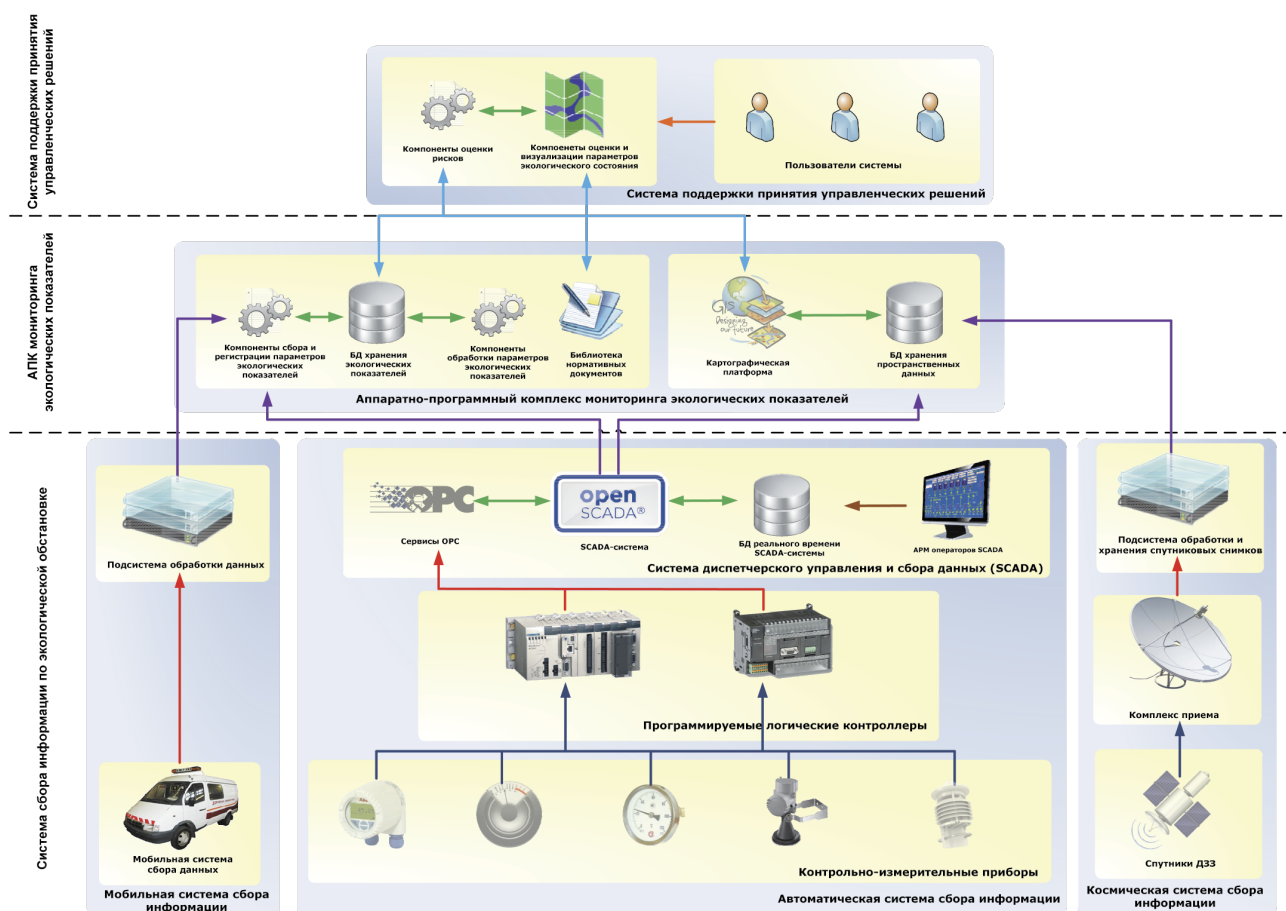


Рис. 2 Структурная схема мониторинга экологических показателей на объектах государственной компании (данные ООО «НВК «Космософт»)

экологический мониторинг при их строительстве требует упорядочения информационных потоков в рамках единой информационной системы (среды) государственной компании.

торий, а также редких и исчезающих видов растений и животных (при их наличии);

- контроль за соответствием качества строительных материалов и изделий природоохранным требованиям;
- контроль за соблюдением ограничений, которые могут быть установлены проектной документацией с целью обеспечения природоохранных требований для отдельных видов строительных работ, в частности:
 - 1) запрещённых периодов времени для производства работ;
 - 2) запрещённых метеорологических ситуаций для производства работ;
 - 3) допустимого количества и мощности используемой одновременно строительной техники;
 - 4) допустимого размещения строительной техники относительно жилой застройки и иных нормируемых территорий;
- контроль за эксплуатацией природоохранного оборудования и сооружений;
- контроль за своевременным осуществлением платежей за негативное воздействие на окружающую среду;
- контроль за выполнением предписаний должностных лиц, осуществляющих государственный надзор;
- контроль за ведением документации по охране окружающей среды;
- контроль за организацией и проведением обучения, инструктажа и проверки знаний в области охраны окружающей среды и природопользования;
- подтверждение соответствия выполняемых строительных работ природоохранным требованиям на основании собственных доказательств.

Реализация требований стандарта позволит во многом избежать штрафных санкций, приостановок работ, обусловленных непредумышленным нарушением природоохранных требований при строительстве. Такие санкции, как показывает практический опыт строительства крупных автодорожных объектов, могут достигать десятков и сотен миллионов рублей только для одного строительного участка, и потому минимизация рисков нарушения природоохранного законодательства, чему должен способствовать рассматриваемый стандарт, позволит избежать существенных и неоправданных экономических потерь при строительстве.

Как и в случае мониторинга экологических показателей при эксплуатации дорог, экологиче-

ский мониторинг при их строительстве требует упорядочения информационных потоков в рамках единой информационной системы (среды) государственной компании.

Прогнозные оценки экологического развития объектов

Прогнозные оценки экологического развития объектов государственной компании на базе существующих математических моделей являются перспективной составляющей генерирования информационных потоков в области экологической безопасности, ресурсо- и энергосбережения.

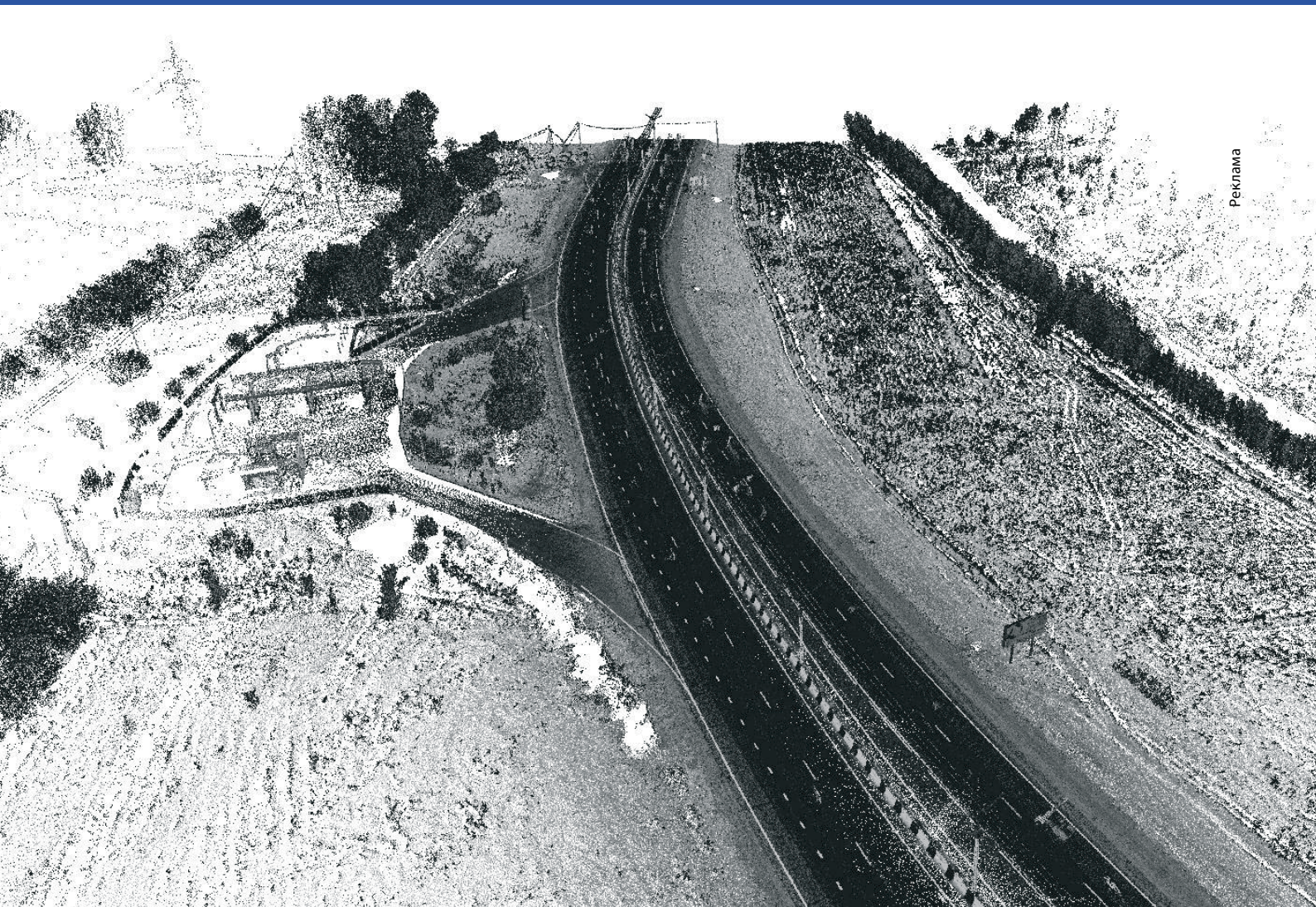
Специалистами МАДИ в рамках разработки Экологической политики были выполнены такие оценки на период до 2030 года по двум сценариям, которые включали оценку загрязнения воздуха токсичными и вредными веществами (парниковыми газами) при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог госкомпании, площади акустического дискомфорта в дневное и ночное время, протяжённости шумозащитных сооружений, объёмов сброса загрязняющих веществ в водные объекты, количества локальных очистных сооружений, объёмов образования отходов при строительстве и эксплуатации дорог, объёмов потребления строительного-дорожных материалов и других экологически значимых показателей.

Всего оценивались значения 39 показателей, пять из которых определялись по результатам математического моделирования, 13 — по результатам обработки официальной статистики, информации, приведённой в соответствующих разделах проектов 10 участков дорог государственной компании и построения трендовых моделей по разным сценариям развития. Четыре показателя определялись на основании экспертных оценок, два — директивно установлены нормативными документами, остальные 15 установлены проектом плана мероприятий по реализации Экологической политики государственной компании.

Таким образом, при реализации Экологической политики государственной компании «Автодор» формируются мощные информационные потоки экологической информации, которые требуют их адаптации в единую информационную среду компании, обработки, обобщения и использования для принятия взвешенных управленческих решений, направленных на устойчивое развитие компании, повышения её уровня социальной ответственности. ■

Литература:

1. Экологическая политика государственной компании «Российские автомобильные дороги» на период до 2030 года. 2013. 53 с.
2. СТО 7.1–2013, Зелёный стандарт государственной компании «Автодор». 2013. 61 с.



Реклама

Проектируем

автомобильные дороги

в том числе в концепции BIM
и на основе мобильного
лазерного сканирования

(3822) 90-10-05
www.indor-most.ru

ПЕРСОНА

Революционер дорожной диагностики



Персона: Киншаков
Владислав Михайлович

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.11

Персона: Киншаков В.М., директор ООО «НПО «Регион» (г. Москва)

Интервьюировал: Бойков В.Н., зав. кафедрой МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва),
председатель совета директоров группы компаний «Индор» (г. Томск)

В настоящее время в России есть лишь два разработчика-поставщика комплексных лабораторий диагностики автомобильных дорог: ООО «НПО «Регион» (г. Москва) и ОАО «СНПЦ «Росдортех» (г. Саратов). История их создания и принципы развития существенно различаются.

Если СНПЦ «Росдортех» изначально был федеральным учреждением, призванным поставлять лаборатории для всей дорожной отрасли (отсюда и мощная производственная база), и лишь потом перешёл в статус частной бизнес-структуры, то НПО «Регион» было создано в 1996 году сразу как частное научно-производственное объединение со всеми бизнес-рисками стартапа.

Другое различие этих разработчиков в том, что СНПЦ «Росдортех» всегда развивал модули лаборатории, связанные непосредственно

с параметрами диагностики дорог (ровность, прочность, сцепление, дефекты и т.п.), в то время как НПО «Регион» стремилось, помимо измерения диагностических параметров дороги, создавать компьютерную (геометрическую, информационную) модель дороги средствами наземной фотограмметрии, а позднее и технологией мобильного лазерного сканирования. В чем такой подход можно признать более прогрессивным и перспективным по сравнению с традиционной диагностикой мы постараемся уяснить в процессе общения собственно с Персоной.

И самое главное — это то, что НПО «Регион» было создано и успешно развивается уже третье десятилетие благодаря усилиям целеустремлённого человека — основателя, организатора, конструктора, директора — Киншакова Владислава Михайловича.

Владислав Михайлович, первый вопрос — традиционный: «ты помнишь, как всё началось?...»

Конечно, всё начинается с детства. Родился я в маленьком армянском посёлке гидростроителей Аркел. Родители были гидростроителями, и мы постоянно переезжали с места на место. Старшая сестра родилась на одной стройке, брат — на другой, а я — на третьей. Отец, Михаил Никифорович, был заслуженным гидростроителем, сторонником косыгинской экономической теории, которая, к сожалению, не пробила дорогу в жизнь. А иначе страна могла бы иметь другую социалистическую перспективу. Во всяком случае, отец в это верил.

Когда я заканчивал школу, мы уже жили в Ереване, отца перевели в Гидроэнергострой. Школа была с математическим уклоном, поэтому я решил идти учиться туда, где мои математические знания могли бы быть востребованы. Пришёл в Ереванский политехнический институт: архитектурный факультет был мне интересен, но сдавать экзамен по рисунку я не был готов. Понятно, надо продолжать искать что-то из строительного направления — не мог же я подвести родителей. На ПГС конкурс 2 человека на место. На дорожно-строительном факультете — 15 человек. Вот это моё — я всю жизнь любил



1979 г.



Ущелье Нораванк. Армения



Не зря сейчас считается, что революционность может зародиться только в стартапах.

преодолевать трудности, тем более что их всегда хватало и хватает. Поступил.

Учиться было интересно. Особенно сильным у нас на факультете было мостовое направление. Подумывал стать мостовиком, но всё-таки стал дорожником. Дипломный проект был связан с проектированием дороги 1-й категории в Армении. По окончании института получил диплом «Инженер путей сообщения», чем и горжусь.

И с чего ты начал трудовую деятельность?

По распределению попал в Проектный институт «Армавтодор». Начал с изысканий, потом перевели к проектировщикам. Через полтора

года стал руководителем группы, а через 3 года — ГИПом. Замечательная должность. ГИПом можно стать и в 25 лет и гордиться своими успехами, и в 90 лет, поскольку именно ГИП — творец проектов. Замечательная должность!

А в чем проблема? И надо было оставаться ГИПом, глядишь и перспектива работы до 90 лет нарисовалась бы.

Возможно, но сбился с пути по одному обстоятельству. Мы часто возили проекты на экспертизу в московский институт «Союздорпроект», и там я встретил людей совершенно другого уровня мышления. Профессиональные, деликатные: Браславский В.Д., Григорьев М.А., Федотов В.А. Я ими восхищался. Они разрабатывают ГОСТы, СНИПы, а мы просто читаем эти документы и следуем их указаниям. И я понял, чтобы работать на таком уровне, надо заниматься наукой, вести исследования, открывать новое, непознанное.

И как Михаил Васильевич Ломоносов — пошёл в науку?

Ну да, только не пошёл, а приехал в МАДИ, поступил в аспирантуру к Порожнякову В.С. — замечательнейшему учёному, научным принципам которого я с тех пор следую по жизни. После защиты диссертации стал работать в РосДорНИИ. Там мной была создана первая диагностическая лаборатория, последующее её усовершенствование уже выполнял Лушников Н.А. Мой уход из РосДорНИИ был связан со следующим обстоятельством. Да, этот институт вносит огромный научный вклад в развитие дорожной отрасли. Но он настолько крупный, что мелкие идеи, которые могут стать прорывными, там не замечаются. А у меня их было множество, и я был уверен в их жизнеспособности.



На выставке-форуме «ДОРОГАЭКСПО 2016». г. Москва

Не зря сейчас считается, что революционность может зарождаться только в стартапах. Тогда этого слова и явления ещё не знали, но было интуитивно понятно, что надо начинать с малого, рассчитывать только на себя и своих единомышленников.

Так я пришёл в трест ГорДорСтрой начальником отдела автоматизации и под крышей этого треста создал фирму (юридическое лицо) с относительной свободой действий.

А что явилось стимулом того, чтобы твоя лаборатория не только диагностировала дороги, но и создавала ЦММ для последующего проектирования ремонтов и капитальных ремонтов?

Ну, во-первых, моё ГИПовское прошлое заставляет меня мыслить как проектировщик. А во-вторых, был проект ремонта МКАД в 1995 году, который выполнял именно Союздорпроект, о котором я уже упоминал ранее. К тому времени МКАД был так загружен, что выполнять традиционную геодезическую съёмку проезжей части уже не представлялось возможным. Нужны были новые подходы. А что если выполнять съёмку дороги в транспортном потоке в динамическом режиме? Для этого был куплен первый зарубежный профайлер, и начался период разработки и совершенствования лабораторий мобильного лазерного сканирования.

Но ведь те лаборатории или линейка лабораторий, которые сегодня выпускает НПО «Регион», это комплексные лаборатории, которые выполняют и диагностику, и формирование ЦММ дороги для последующих проектных работ?

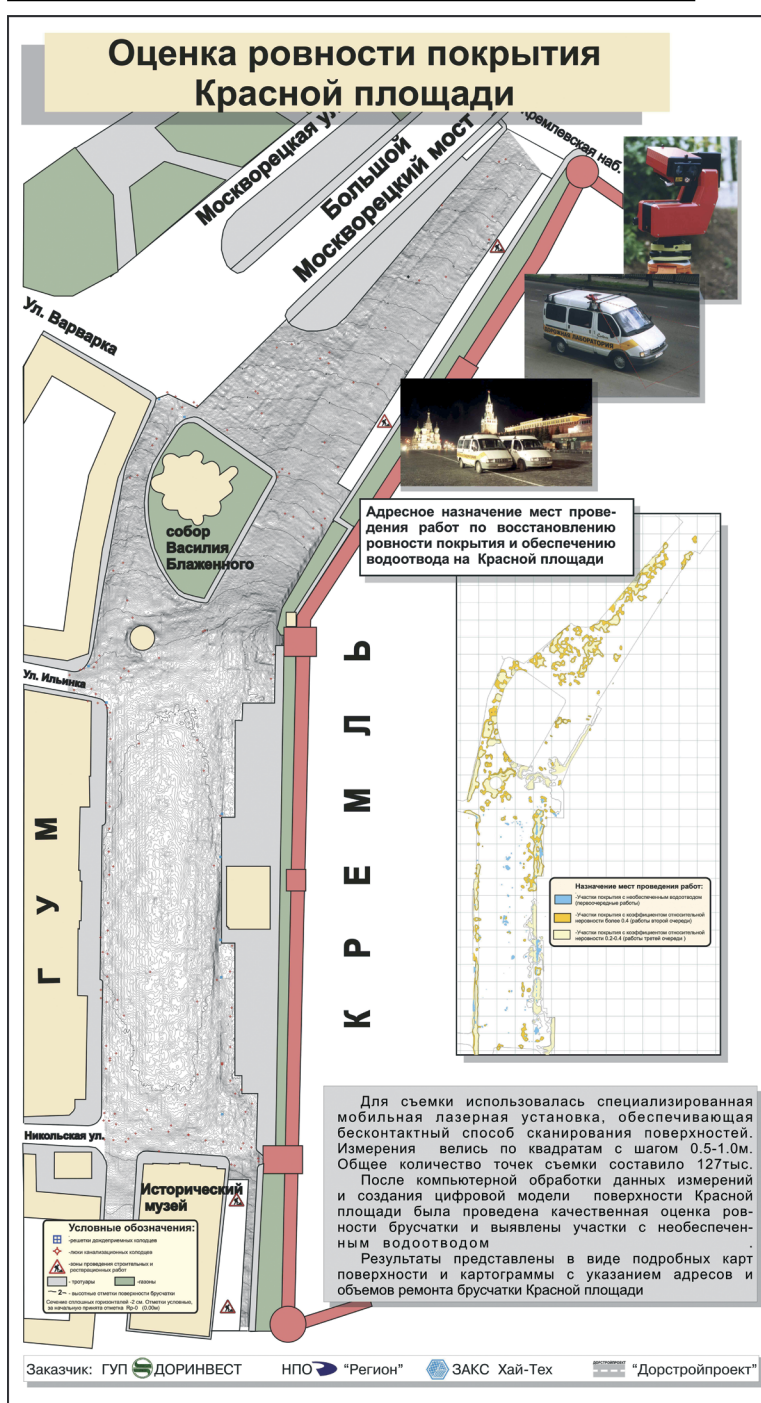
Мало того, это ещё и все обрабатывающие программы, которые работают с этими данными, и базы данных, куда информация передаётся для хранения, и аналитические программы, которые необходимы для принятия управленческих решений.

В нашем случае это комплекс СВПД — Система ВидеоПаспортизации Дорог. Согласись, мало кому интересен микропрофиль дороги, получаемый лабораторией, но многим интересен IRI — международный индекс ровности, полученный по микропрофилю, и ещё большему количеству специалистов нужны конкретные рекомендации, что делать дальше при том или ином значении IRI. Так и рождается необходимость комплексного решения задач.

Ещё один из ключевых вопросов. Он узкопрофессиональный, но имеет, можно сказать, существенное гносеологическое значение. Вы первыми перешли



Оценка ровности покрытия Красной площади. г. Москва. 1998 г.





...«километровые столбы — это священные коровы наших дорог». С ними удобно, но они тормозят прогресс...

к координатному описанию дороги. Что вас не устраивало в линейном (покилометровом) описании?

Ну, во-первых, как любишь говорить ты (обращение к Бойкову В.Н.) — «километровые столбы — это священные коровы наших дорог». С ними удобно, но они тормозят прогресс — поясню чуть позже, почему. А во-вторых, работа с глобальными навигационными системами (ГНСС), которые являются обязательным модулем в современных дорожных лабораториях, заставляет мыслить иначе.

Возвращаясь к километровым столбам. Почти все отечественные информационные системы по диагностике дорог и в первую очередь общетрас-

левая АБДД имеют адресацию всех объектов и событий на дороге через километровые столбы. Теперь представим, что мы выполнили реконструкцию дороги и частично спрямили её. Километровые столбы будут уже на другом месте, а значит, объекты и события переместятся вместе со столбами или вообще будут утеряны в базе данных. Как избежать этого? Не представлять столбы? Но тогда расстояние между ними перестает быть равным 1000 м, а это тоже искажение метрики. Выход один — переход на координатное (пространственное) описание дороги. Это обстоятельство также открывает путь к ГИС-технологиям, которые просто необходимы в дорожной

отрасли для решения самого широкого круга инженерных задач.

Ты упомянул АБДД – автоматизированный банк дорожных данных, который с начала 90-х годов прошлого века является основным хранилищем данных по всей сети федеральных дорог. Как ты оцениваешь уровень его разработки и каковы его перспективы развития?

Да, АБДД — это основной федеральный информационный ресурс, где хранятся все сведения о федеральной сети автомобильных дорог. На момент создания это был современный банк данных. Но информационные технологии быстро эволюционируют,



Коллектив НПО «Регион»



а АБДД в своём развитии так и остался на уровне методологического понимания конца прошлого века.

Сегодня ФДА «Росавтодор» осознало эту ситуацию и в срочном порядке выполняет модернизацию АБДД, в том числе и закладывая пространственную адресацию на дорогах. Много времени упущено, но остаётся надежда, что работа пойдёт в правильном направлении, то есть с дрейфом в сторону ГИС-технологий, что в развитых странах было сделано уже 15–20 лет назад.

Это обстоятельство, в свою очередь, может дать импульс модернизации диагностических лабораторий, призванных поставлять информацию для АБДД. Необходимо также, чтобы весь этот процесс сопровождался и соответствующей модернизацией нормативно-справочной и методической документации.

А что ты можешь сказать о процессе информационного моделирования в жизненном цикле дорог, который сегодня так широко обсуждается в отрасли?

Современная диагностика дорог с использованием модулей дистанционного зондирования, лазерного сканирования и глобального позиционирования и есть элемент информационного моделирования дорог на этапе их эксплуатации. Мы это понимаем и, вместе с проектировщиками и строителями, последовательно движемся в этом направлении. Я только «за», чтобы эти вопросы широко обсуждались в профессиональном сообществе, но не «забалтывались», а доходили до практической реализации.

Что ж, мы тоже «ЗА»! 🇷🇺



Шедевры мостостроения

DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.12

Кузнецова А.П., руководитель отдела продаж ООО «ИндорСофт» (г. Томск)



Vance Creek Bridge, США

Соединять пространства над землёй и водой деревянными и каменными материалами, наплавными, балочными, подвесными и арочными конструкциями люди умели с древнейших времён. История мостостроения исчисляется тысячелетиями. С каждым годом она продолжает развиваться и удивлять сложностью конструкций, используемыми материалами, новыми рекордами длины и высоты. Предлагаем вашему вниманию обзор уникальных мостов, который позволит приоткрыть богатейшую историю мостостроения.

Каменные долгожители

В мире есть действующие мосты, построенные до нашей эры. За тысячелетия они пережили не одну реконструкцию, но, несмотря на это, сохранили исторические фрагменты, служащие до сих пор.

Так, **Мульвиев мост** (Мульвийский, Мильвийский, Мульев мост, лат. Pons Mulvius, итал. Ponte Milvio) через реку Тибр в Риме построен в 109 году до н.э., и, если бы не статус исторического памятника, по нему могли бы ездить автомобили и сегодня (рис. 1).

Длиной в 136 м, он состоит из шести арок, величина основных пролётов — 18,5 м. Арки различаются по размеру, т.к. величину пролёта изменяли в зависимости от силы течения реки в разных её полосах [1]. Высота моста над водой — 18,55 м, что позволяло реке оставаться судоходной. Промежуточные арки имеют сразу несколько назначений: увеличивают проток воды во время наводнений, экономят строительный материал, облегчают разрушение

и последующее восстановление моста при обороне.

За время своего существования этот мост неоднократно подвергался разрушениям и перестройкам. Тем не менее конструктивно он не изменился и сохранил многие фрагменты постройки времён Республики. Так что, переходя Тибр в этом месте, мы можем смело утверждать, что идём по следам самого Гая Юлия Цезаря, в своё время вошедшего в Рим со своими войсками именно по Мульвиеву мосту.

Римляне довели до совершенства технику строительства арочных мостов, доставшуюся им от древних народов Месопотамии, Греции и др. До наших времён на территории Европы сохранилось порядка 300 мостов, возведённых римскими строителями. В истории мостостроения римляне, безусловно, играют одну из ключевых ролей.

До римлян арочные каменные мосты строили и персы, и греки. Подобные конструкции можно найти на протяжении всего Великого Шёлкового пути — караванной доро-

ги, связывавшей Средиземноморье с Восточной Азией в древности и Средние века.

Так, в Китае в первозданном виде сохранился **мост Аньцзи** (англ. Anji or Zhaozhou Bridge), построенный в 605 году (рис. 2). Мост перекинут через реку Сяо в провинции Хэбэй. Конструкция этого моста уникальна: центральная арка выложена из известняковых плит, соединённых анкерами. Над сводом возведены боковые арки. Они делают мост более воздушным и лёгким, позволяя экономить материал и уменьшать нагрузку на конструкцию при наводнениях. Аньцзи является рекордсменом среди древних арочных мостов по длине пролёта, которая равна 37 м [2]. Пережив множество наводнений, землетрясений и войн, он по-прежнему исправно служит.

Известно восхищение венецианского путешественника Марко Поло, посетившего Поднебесную в 1271 году, мостами города Кинсай (современного Ханчжоу): «Рассказывают, будто там 12000 мостов, больших

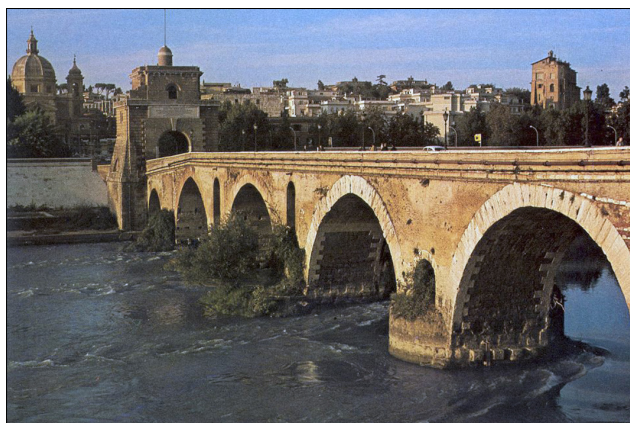


Рис. 1. Мульвиев мост, Рим, Италия. Постройка 109 г. до н.э. Фото XX века

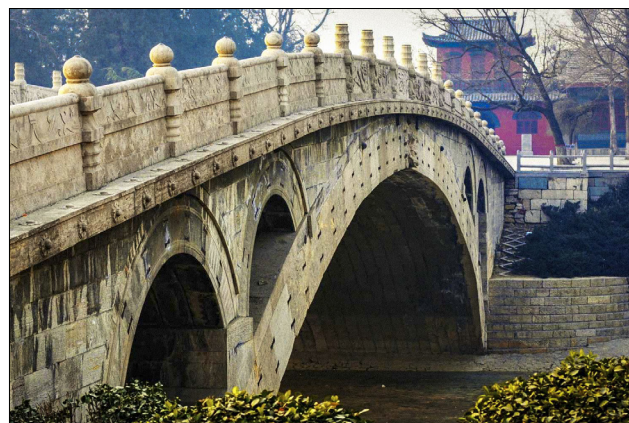


Рис. 2. Мост Аньцзи, Китай. Постройка начала VII века н.э. Современное фото



Рис. 3. Мост Лугоуцяо, Китай. Постройка конца XII века. Современное фото



Рис. 4. Худаферинские мосты, Азербайджан. Постройка XII–XIV вв. Фото XX века

и малых, большей частью каменных, а иные выстроены из дерева. И под каждым из этих мостов или под большей их частью большие корабли легко проходят под арками; а под другими могут пройти малые суда. Но у тех, что построены над главными каналами и на главных улицах, арки так высоки и сделаны с таким искусством, что судно с мачтой может пройти под ними, а между тем по ним проходят повозки и лошади, так хорошо улицы приспособлены к их изгибам» [3].

Мостов в Кинсае было действительно много. Они возводились как правительством, так и народом. По иероглифам на барельефах можно было прочесть этические максимы или узнать расстояния от места до места, а иногда они обозначали имена людей, на чьи деньги строился мост.

Китайские мосты невероятно красивы. Так, на перилах **моста Лугоуцяо** (рис. 3) восседают 485 каменных львов, каждый из которых не похож на другого. Этот гранитный мост был построен в 1192 году. Изначально его длина составляла 260 м. После реконструкции в 1969 году длина уменьшилась до 235 м. Тогда же по мосту закры-

ли автомобильное движение, чтобы сохранить этот памятник культуры.

Сохранившиеся мосты, по которым проходил Великий Шёлковый путь, рассказывают нам о развитии мостостроения Евразии в древности и Средние века. Военно-торговые отношения скреплялись каменными арками мостов, переброшенных через реки и пропасти разных государств и цивилизаций.

По дороге из Азербайджана в Иран над рекой Араз мы видим два рядом стоящих моста, наглядно демонстрирующих влияние разных культур с течением времени. **Худаферинские мосты** были одним из основных узлов Великого Шёлкового пути. По ним прошли огромные массы людей, военной конницы, караванов.

Большой мост построен в VII веке. Он возведён из речного камня и квадратного обожжённого кирпича и имеет 15 пролётов общей длиной 200 м [4]. Заострённые арки стрельчатого очертания выдают влияние востока — персов, транслировавших опыт египтян, вавилонян, ассирийцев, хеттов.

В XI веке примерно на 800 м западнее от Большого был построен второй мост, который

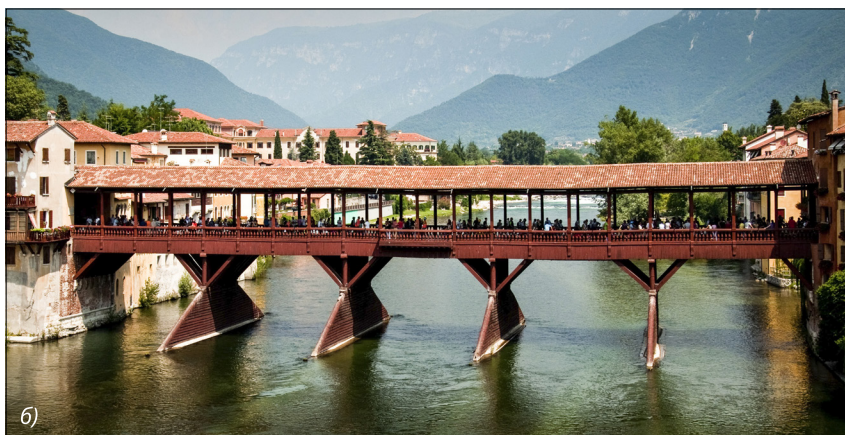
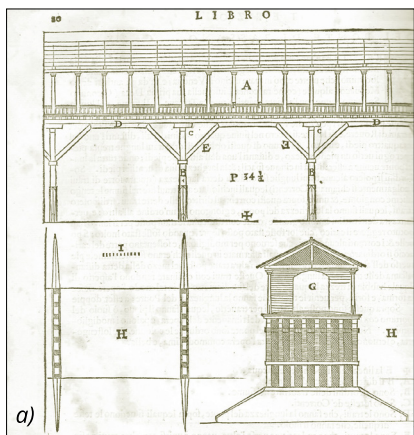


Рис. 5. Деревянный мост архитектора А. Палладио: а) проект моста, принятый в 1569 г.; б) возведённый по проекту мост, Италия. Современное фото

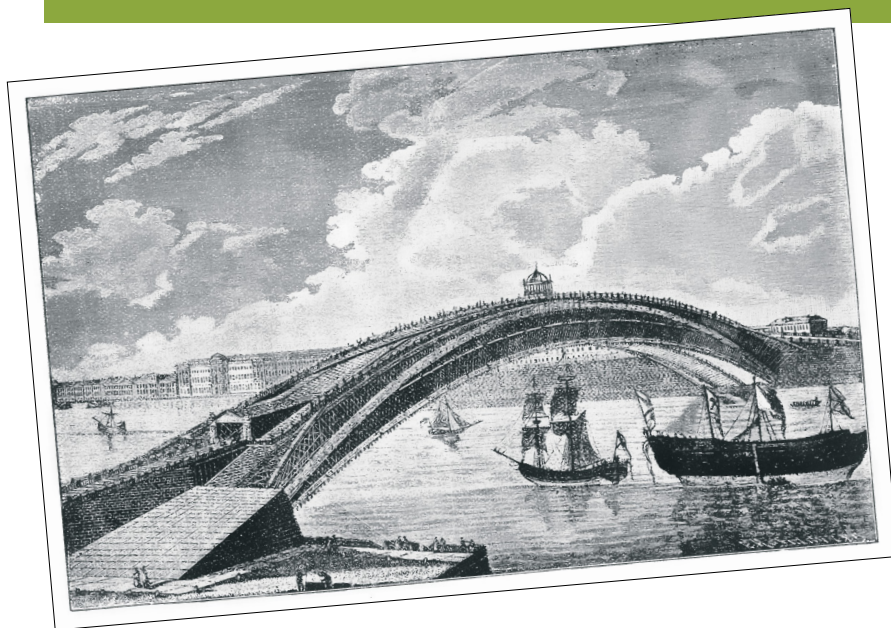


Рис. 6. Проект деревянного моста Кулибина. Копия гравюры 1799 г.

помог справиться с «караванным траффиком». Новый одиннадцатипролётный мост был длиной в 120 м и имел полукруглую форму арок западных — римских — мостов.

Конструкция этих мостов, как и римских, предполагала возможность не только соединять территории, но и в нужный момент разъединять их: незыблемыми должны были быть только устои. Арки строили так, чтобы их можно было в нужный момент разрушить, а потом восстановить.

После очередного оборонительного разрушения Малый мост больше не восстанавливали, до нас дошли только три средних пролёта. Большой же мост функционирует до сих, несмотря на то, что его также неоднократно разрушали.

Деревянные старейшины

Но не каменные арочные долгожители являются старейшими мостами на планете. Литературные и археологические источники дают нам представление о более древних, хоть и не сохранившихся мостах — деревянных.

Дерево — ценный материал, многим народам более доступный, чем камень. С древнейших времён из него создавались консольно-балочные конструкции мостов: береговые части устраивались в форме бревенчатых клеток, продольные брёвна которых последовательно выдвигались над рекой. Сами клетки заполнялись камнями и землёй. Такие мосты строились в Древней Греции и Риме. Высоко развила искус-

ство деревянного мостостроения и богатая лесами Древняя Русь [5].

Именно деревянные мосты послужили полигоном для отработки сложных подкосных конструкций, которые в дальнейшем применялись в железных мостах. В XVI веке знаменитый итальянский архитектор Андреа Палладио систематизировал возможные схемы деревянных конструкций и на практике применил балочные и арочные сквозные фермы в мостостроении.

Подкосно-ригельный **деревянный мост Палладио** (рис. 5) был построен через реку Бренте в городе Бассано (Италия). За свою почти пятисотлетнюю историю мост несколько раз уничтожался пожарами, наводнениями, войнами, но каждый раз его возводили заново по чертежам оригинального проекта [6].

В XVII веке появились арочно-подкосные системы, способные перекрывать пролёты до 20 м. Увеличение размеров ферм продолжилось в XVIII веке, пока пролёты не достигли рекордной длины в 119 м. Дальнейшее удлинение пролётов стало нецелесообразным из-за чрезмерного усложнения схемы.

Истории мостостроения известен проект деревянного моста с пролётом арки длиной в 294 м. На основе решётчатой фермы такую арку сконструировал русский механик-самоучка Иван Петрович Кулибин и представил её в 1776 году (рис. 6) в Петербурге.

К сожалению, проект не был реализован. Построена была только мо-

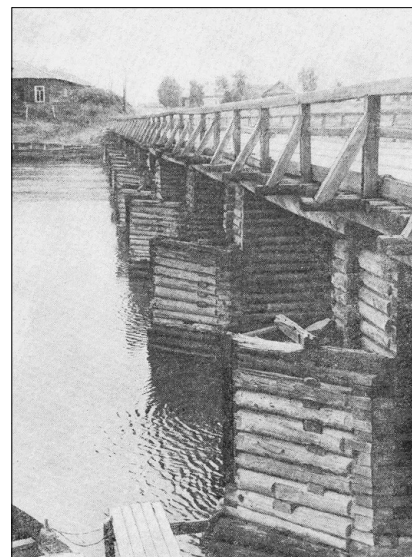


Рис. 7. Самый длинный из сохранившихся деревянных мостов (150 м) в с. Шуерецкое, Республика Карелия, Россия



Рис. 8. Деревянный железнодорожный мост через каньон Гоат, г. Сан-Диего, США. Постройка 1932 г. Современное фото

дель в масштабе 1:10. Эта модель — арка длиной в 30 м — находилась под наблюдением и в опытном использовании 35 лет. Пройдя все испытания, она доказала жизнеспособность проекта Кулибина. Но до строительства моста дело не дошло по экономическим и эстетическим соображениям. Тем не менее в истории мирового мостостроения это грандиозное сооружение осталось непревзойдённым

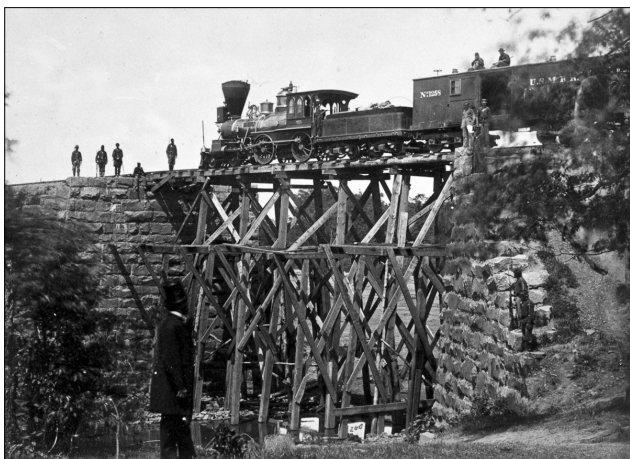


Рис. 9. Деревянный железнодорожный мост, Вирджиния, США. Фото 1863 г.



Рис. 10. Айронбридж, г. Телфорд, Великобритания. Постройка 1779 г. Современное фото

по оригинальности и техническому решению.

В России издревле подавляющая часть мостов строилась из дерева: доступность этого строительного материала и равнинный рельеф позволили мостостроителям развить мастерство до высочайшего уровня (рис. 7). Используемые схемы включали в себя сложные ряжевые, свайные, консольно-балочные и даже подвесные конструкции [7].

Важную роль в выборе конструкции мостов играет рельеф. Например, в Америке из-за обилия каньонов строили высокие мосты [8]. До наших дней сохранилось несколько железнодорожных мостов, построенных в начале прошлого века (рис. 8). Сложно представить, что по этим гигантским балочным паутинам ходили товарные поезда (рис. 9).

Главный минус деревянных мостов — их недолговечность. Гниение

и пожары уничтожали крепчайшие конструкции. В XX веке схемы и конструкции деревянных мостов стали использоваться для возведения мостов из железа и бетона.

Тем не менее деревянные мосты широко используются и сейчас. По данным Росавтодора [9], в начале второго тысячелетия в России каждый четвёртый мост был деревянным. В основном это мосты Читинской и Архангельской областей, Хабаровского края и Республики Саха (Якутия). Большинство из них построены по нормам военного времени и давно выработали свой ресурс. Скорее всего, со временем их заменят на железобетонные. Но есть и другая возможность.

В наши дни в Западной Европе и США наблюдается ренессанс мостов из древесных материалов. Новые технологии обработки позволяют строить мосты, отличающиеся прочностью,

долговечностью, экономичностью и простотой технического обслуживания.

Железные монстры

Первый чугунный мост — **Айронбридж** — воздвигли в конце XVIII века в Великобритании. Он был перекинут через реку Северен и стал одним из символов английской промышленной революции (рис. 10).

Чугун — хрупкий материал. Как и естественный камень, он выдерживает только силу сжатия, что объясняет выбор арочной конструкции для этого моста. Длина основного пролёта первого чугунного моста составляет 30 м — это очень мало, если сравнивать с каменными арками, длина пролётов которых в то время могла достигать 60 м, а деревянных — и того больше.

Уже в начале XIX века мост стал покрываться трещинами. В 1934 году его закрыли для транспортного дви-



Рис. 11. Мосты Навахо, Аризона, США. Постройки 1929 г. и 1995 г. Современное фото



Рис. 12. Мост Нью-Ривер-Гордж, Зап. Вирджиния, США. Постройка 1977 г., 518 м над землёй



Рис. 13. Бруклинский мост, Нью-Йорк, США. Постройка 1883 г. Современное фото.



Рис. 14. Золотые ворота, Сан-Франциско, США. Постройка 1937 г. Современное фото.

жения и внесли в список объектов, охраняемых ЮНЕСКО.

Вскоре не только в Англии, но и по всему миру мосты из железа стали возводить всех форм и типов: и висячие на цепях и стальных тросах, и арочные из клёпанных стальных профилей, и знакомые со времён деревянных мостов каркасные конструкции (рис. 11, 12).

В России строительство железных мостов также бурно развивалось. В 1899 году был открыт железный **мост через Енисей** со 150-метровой длиной ферм. Мост получил золотую медаль на всемирной выставке в Париже в 1900 году и был признан ЮНЕСКО «вершиной человеческой инженерной мысли» — так высоко оценило мировое сообщество новую систему ферм профессора Л.Д. Проскурякова и работу инженера-механика Е.К. Кнорре, выполнившего проект. Мост прослужил целый век. В 2002 году его начали разбирать, а в 2007 году сдали на металлолом.

Применение железа в конструкциях подвесных мостов позволило покорить ранее неподвластные расстояния. Родиной этих «королей мостов» стала Северная Америка. Самый знаменитый из первых висячих на стальных тросах — **Бруклинский мост** — был построен в 1883 году (рис. 13). Он перекинут в Нью-Йорке через Ист-Ривер. Общая длина составляет 1825 м, длина основного пролёта — 486 м. Автомобильные полосы движения разделены возвышающейся по центру пешеходной дорожкой.

Другая знаменитость страны висячих мостов, как часто называли США, — гигант через пролив **Золотые ворота** в Сан-Франциско (рис. 14). Он был построен в 1937 году. Длина основного пролёта составила 1280 м, общая длина — 2737 м. Высота красных рамочных пилонов составляет 410 м.

В 1973 году был открыт **мост через пролив Босфор**. Длиной более полутора километров, он интересен тем, что соединил Европу с Азией. Босфорский мост спроектирован русским ин-

женером Олегом Александровичем Керенским (1905–1984 гг.) — сыном премьер-министра России в 1917 году Александра Фёдоровича Керенского.

В наши дни основной материал мостостроения — это железобетон. Его используют в фундаментах, опорах, пролётных сооружениях. Он прочен и устойчив к атмосферным воздействиям. Открытие в начале XX века свойств преднапряжённого железобетона позволило возводить мосты малых и средних размеров в большом количестве за короткие сроки, существенно экономя на материалах и прочих ресурсах.

В СССР начиная с 1950-х годов практически все мосты строились из железобетона. Эти инженерные сооружения по большей части играли исключительно утилитарную роль, неприметно соединяя российские дороги в непрерывную сеть и не требуя к себе особого внимания.

Кроме таких повсеместно нужных и незаметных мостов, в мире идёт строительство железобетонных гигантов, поражающих своими техническими и порой архитектурными решениями. Устойчивые к ветрам, тайфунам и другим стихиям, они пролегают на многие десятки километров в длину, сотни метров в высоту, позволяя преодолевать реки, озёра, моря и океаны, долины, ущелья и каньоны.

Но далеко не все страницы истории мостостроения повествуют о триумфальном покорении пространства. Есть немало трагических эпизодов, о которых сложно не упомянуть. Крушения мостов случались во все эпохи в силу разных причин. Например, из-за резонанса со строевым шагом. От марша солдат в XVIII веке обрушился цепной мост во Франции, Египетский мост в Петербурге (1905 г.) и др. В Америке в 1878–1895 годах обрушилось 502 моста под поездами и ещё больше сгорело. В 1878 году в заливе Фертоф-Тей (Шотландия) от урагана обрушился самый длинный на тот момент мост в мире — Тэйский. В 1940 году обвалился пятый на тот момент по



Рис. 15. Даньян-Куньшаньский виадук, Китай

величине висячий мост — Тэкомский (США). Железные монстры унесли немало жизней, прежде чем достигли небывалых высот в развитии мостостроения.

Рекордсмены XXI века

Если в XX веке бесспорным лидером в строительстве самых впечатляющих мостов были США, то в XXI веке ситуация в корне изменилась. Сегодня Китай — лидер в гигантском мостостроении. Буквально за последнее десятилетие китайцы построили сразу несколько мостов и виадуков, поражающих своими масштабами. Один из них — **Даньян-Куншаньский виадук** (рис. 15) — занесён в книгу рекордов Гиннеса как самый длинный мост на планете. Его длина составляет 164,8 км. Он соединяет города Шанхай и Нанкин. В основном он проходит по суше, возвышаясь над уже сложившейся инфраструктурой. Безусловно, это

не просто мост или виадук. Это мегаструктура, которая включает в себя целый ряд крупных сооружений.

Один из мостов Даньян-Куншаньского виадука — **Циндао** (рис. 16) — на сегодняшний день является длиннейшим из трансокеанских мостов. Он пересекает залив Цзяочжоу в Жёлтом море. Его длина — 42,5 км. Мост соединяет город и порт Циндао с пригородным районом и городом Хуандао. Он находится в очень сложных климатических условиях — тайфуны, землетрясения, замерзание воды — это настоящий вызов, брошенный стихии китайскими инженерами.

Китайские гиганты преодолевают почти все возможные виды рельефа: каналы, реки, озёра, горные участки местности. В их конструкциях есть почти все статические схемы мостов из разных пролётных соединений: ферменные, рамные, вантовые и арочные. Многокилометровые



Рис. 16. Мост Циндао, Китай

участки уходят в подводные тоннели. Высокоскоростные железнодорожные трассы соседствуют с автомагистралями, возвышаясь над землёй многокилометровыми железобетонными полотнами.

Рекордсмен среди арочных мостов по длине пролёта также находится в Китае — **мост Чаотяньмэнь** (рис. 17). Его рекорд длины основного пролёта — 552 м. Общая длина — 1,7 км. Он перекинут через реки Янцзы и Цзялинцзян в городе Чунцин и открыт для пешеходного, автомобильного, железнодорожного движения с 2009 года.

Самый длинный подвесной мост построен в Японии в 1998 году — это **Мост Акаси-Кайкё** (рис. 18), что означает «жемчужный» или «перламутровый». Его полная длина составляет 3911 м, центральный пролёт имеет длину 1991 м, а боковые — по 960 м. Высота пилонов составляет 298 м.

В 2012 году Россия тоже обзавелась рекордсменом — **Русский мост** (рис. 19) через пролив Босфор Восточный во Владивостоке в мировом рейтинге занял первое место по длине пролёта среди вантовых мостов и второе место по высоте пилонов. Вантовые мосты — разновидность висячих. Они отличаются формой основного несущего элемента: у висячих это криволинейная нить, у вантовых — прямолинейная.

Всего пару десятков метров уступил наш Русский мост мировому рекордсмену по высоте пилонов — французскому **виадуку Мийо** (рис. 20). Высота пилонов Мийо составляет 343 м. Транспортное полотно возвышается на 270 м над землёй. Автомобили буквально парят над облаками. Работа над проектом велась с привлечением экологов и архитекторов, которые заботились о сохранности экосистемы долины реки Тарн и даже о виде из окна автомобиля. Виадук соединил Францию с Испанией.

Как и другие мосты-рекордсмены, виадук Мийо демонстрирует высочайший уровень развития современных технологий и небывалые успехи мостостроения современности. ■

Литература:

1. Всеобщая история архитектуры, том. II, книга 2 / Кауфман С.А. [и др.]. М.: Издательство академии архитектуры СССР, 1948. 437 с.



Рис. 17. Арочный мост Чаотяньмэнь, г. Чунцин, Китай



Рис. 18. Висячий мост Аксаи-Кайкё, Япония



Рис. 19. Русский мост (вантовый), г. Владивосток, Россия



Рис. 20. Виадук Мийо, Франция

2. Dai Wusan. Ancient Roads and Bridges. A History of Chinese Science and Technology. Vol. 3. Springer, 2014. 624 p.
3. Шкловский В.Б. Марко Поло. М., 1973.
4. Мамед-заде К. М. Строительное искусство Азербайджана. М., 1958 г.
5. Гаскин В.В., Иванов И.А. Деревянные мосты. Уч. пособие, ИрГУПС. Иркутск, 2005. 172 с. URL: http://sdo.irgups.ru/modules/works/derev_mosty.pdf (дата обращения 19.05.2016).
6. Щусев П. В. Мосты и их архитектура. М., 1952.
7. Иванова-Веэн Л. И. Русские деревянные мосты // Памятники науки и техники. 1982–1983. М., 1984, с.

- 53–73. URL: <http://www.russiancity.ru/hbooks/h026.htm> (дата обращения 19.05.2016).
8. Мосты из брёвен в США, Канаде и других местах. URL: <http://www.liveinternet.ru/community/3299606/post299665759/> (дата обращения 19.05.2016).
9. Автомобильные дороги. Деревянные мосты. Тематическая подборка. 2001 г. URL: http://www.infosait.ru/norma_doc/52/52382/ (дата обращения 19.05.2016).

САМЫЕ ДЛИННЫЕ И ВЫСОКИЕ

МОСТЫ

Топ 5

САМЫЕ ДЛИННЫЕ МОСТЫ

(по общей длине, в километрах)

- 1 **Даньян-Куншаньский виадук** (Danyang-Kunshan Grand Bridge). КНР, 2011 г. 🇨🇳

164,8 км



- 2 **Тяньцзинский виадук** (Tianjin Grand Bridge). КНР, 2011 г. 🇨🇳

113,7 км



- 3 **Мост через р. Вэй** (Weinan Weihe Grand Bridge). КНР, 2010 г. 🇨🇳

79,7 км



- 4 **Магистраль Банг На** (Bang Na Expressway). Таиланд, 2000 г. 🇹🇭

54 км

- 5 **Пекинский большой мост** (Beijing Grand Bridge). КНР, 2011 г. 🇨🇳

48,2 км

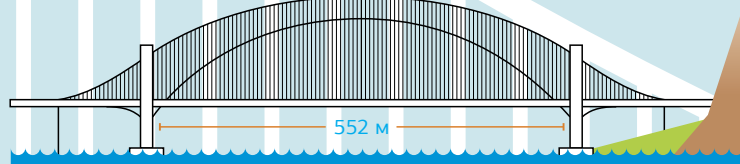
Топ 5

САМЫЕ ДЛИННЫЕ АРОЧНЫЕ МОСТЫ

(по главному пролёту, в метрах)

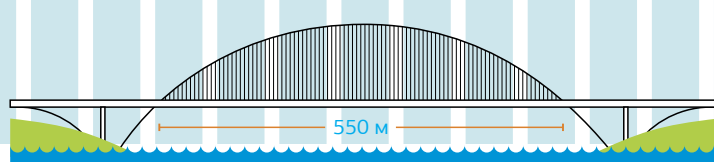
- 1 **Чаотяньмэнь** (Chaotianmen Bridge). КНР, 2009 г. 🇨🇳

552 м



- 2 **Мост Лупу** (Lupu Bridge). КНР, 2003 г. 🇨🇳

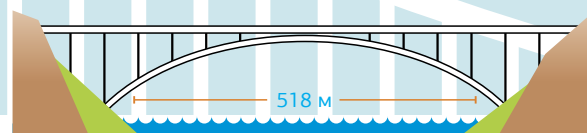
550 м



- 3 **Мост Нью-Ривер-Гордж**

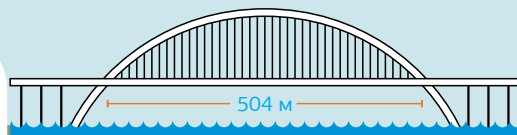
(New River Gorge Bridge). США, 1977 г. 🇺🇸

518 м



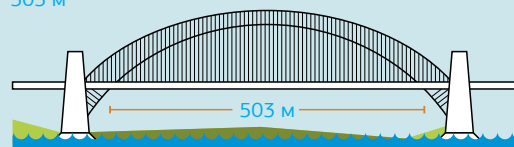
- 4 **Мост Байон** (Bayonne Bridge). США, 1931 г. 🇺🇸

504 м



- 5 **Харбор-Бридж** (Sydney Harbour Bridge). Австралия, 1932 г. 🇦🇺

503 м



Топ 5

САМЫЕ ДЛИННЫЕ ПОДВЕСНЫЕ МОСТЫ

(по главному пролёту, в метрах)

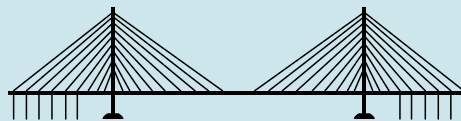


- 1 Мост Акаси-Кайкё** (Akashi-Kaikyo Bridge).  Япония, 1998 г.
1 991 м
- 2 Мост Сихоумэнь** (Xihoumen Bridge).  КНР, 2009 г.
1 650 м
- 3 Мост Большой Бельт** (Great Belt Bridge).  Дания, 1998 г.
1 650 м
- 4 Мост Ли Сунсин** (Yi Sun-sin Bridge).  Южная Корея, 2012 г.
1 545 м
- 5 Жуньяннский мост** (Runyang Bridge).  КНР, 2005 г.
1 490 м

Топ 5

САМЫЕ ДЛИННЫЕ ВАНТОВЫЕ МОСТЫ

(по главному пролёту, в метрах)




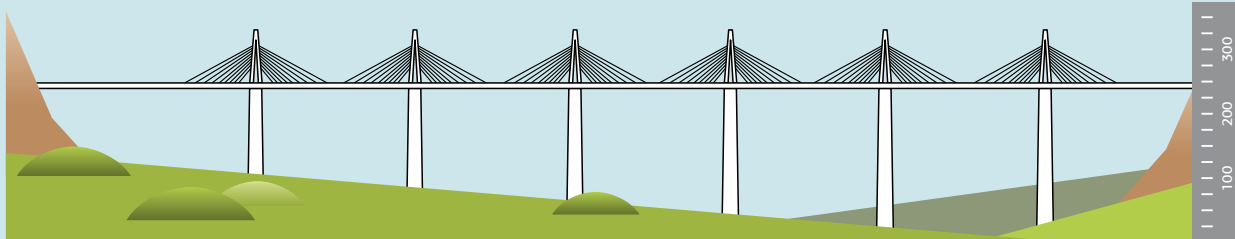
- 1 Русский мост** (Russky Bridge).  Россия, 2012 г.
1 104 м
- 2 Мост Сутун** (Sutong Bridge).  КНР, 2008 г.
1 088 м
- 3 Мост Стоункаттерс** (Stonecutters Bridge).  КНР (Гонконг), 2009 г.
1 018 м
- 4 Мост Эдун** (E'dong Bridge).  КНР, 2010 г.
926 м
- 5 Мост Татара** (Tatara Bridge).  Япония, 1999 г.
890 м


Топ 3

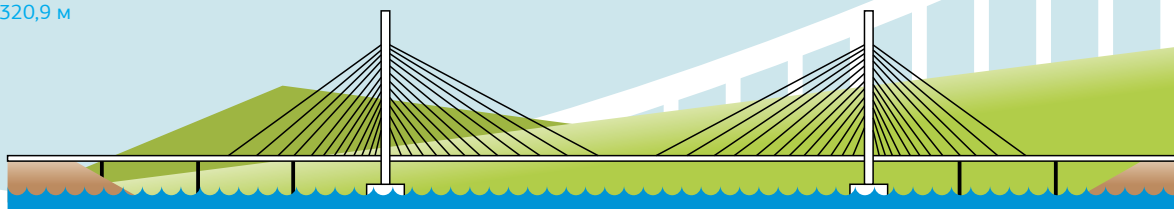
САМЫЕ ВЫСОКИЕ МОСТЫ

(максимальная конструктивная высота включая пилон, в метрах)

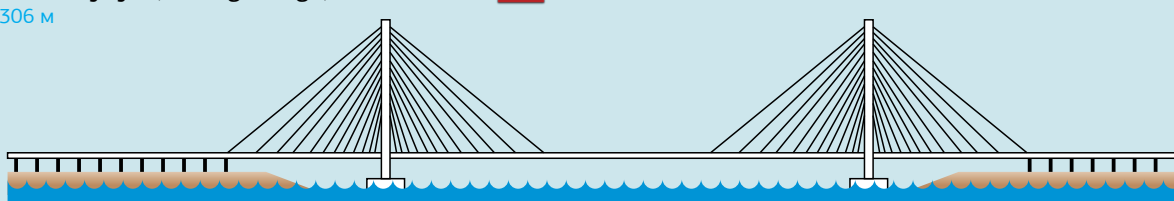
- 1 Виадук Мийо** (Millau Viaduct Bridge).  Франция, 2004 г.
343 м



- 2 Русский мост** (Russky Bridge).  Россия, 2012 г.
320,9 м



- 3 Мост Сутун** (Sutong Bridge).  КНР, 2008 г.
306 м





IndorRoad

Геоинформационная система
автомобильных дорог

- управление сетями автомобильных дорог
- ведение дежурного плана и карты дорог
- ведение паспортов автомобильных дорог
- обработка материалов диагностики
- планирование и учёт работ по содержанию, ремонту, реконструкции и строительству
- учёт и анализ интенсивности движения
- учёт и анализ дорожно-транспортных происшествий
- планирование мероприятий по БДД
- управление земельно-имущественным комплексом (кадастр и инвентаризация)
- проектирование организации дорожного движения