

# САПР и ГИС

автомобильных дорог

№2(3) 2014 г.

**ДОРОГАМ —  
КАЧЕСТВЕННЫЙ  
СП И ГОСТ.**

**ОБЕСПЕЧЬ  
ЭКОНОМИКИ  
РОСТ!**



ISSN / Код HЭБ 2310-4376



9 772310 437005





# IndorCAD/Road Maximal

Система автоматизированного проектирования  
автомобильных дорог

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





# Техническое регулирование на марше...



фото: Н. Тимошенко

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

*ФЗ №184 «О техническом регулировании» [1], действующий с середины 2003 года, открыл новую эпоху в процессах нормирования дорожной проектно-изыскательской деятельности. Этот Закон в целом отвечает текущим требованиям времени — в первую очередь гармонизации отечественных и международных норм в рамках общих процессов глобализации. Однако процесс его уже 11-летней реализации продолжает порождать множество острых коллизий и злободневных дискуссий.*

Поскольку наш журнал о САПР дорог, а САПР АД в первую очередь решает вопросы геометрического проектирования (моделирования) дорог, то и предметом обсуждения будет лишь один, но чрезвычайно важный для автоматизированного проектирования нормативный документ — СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» [2]. Ранее действующая «Система нормативных документов в строительстве» опиралась на СНиПы, которые с вводом ФЗ №184 были заменены на Своды правил (СП). При этом, в качестве СП выступили действующие на текущий момент, но актуализированные СНиПы. В нашем случае, на смену СНиПу 2.05.02–85 пришёл ранее озвученный Свод правил — СП 34.13330.2012.

Всё бы ничего, но учитывая, что СНиП 2.05.02–85 практически повторяет, и с этим особо никто не спорит, ранее действующий СНиП II–Д.5–72, то что получается? Имеем СП 2012 года издания, который отражает состояние теории и практики проектирования автомобильных дорог 40-летней давности. В то же время, за 40 лет принципиально изменилась структура транспортного потока, уровень загрузки дорог, динамические характеристики автомобилей, а главное — наши знания о функционировании системы «водитель–автомобиль–дорога».

Эта ситуация, когда старому содержанию «шьют» новую форму, породила профессиональ-

ную дискуссию, которая периодически выплёскивается на страницы отраслевых газет и журналов. Но это лишь вершина айсберга. Дискуссия ведётся на разных площадках: на технических и научно-технических советах, конференциях, семинарах, в кабинетах и кулуарах Минтранса, Росавтодора и Госкомпании «Автодор». Почти по Жванецкому ситуацию можно описать так: «Нормально, Григорий! Плохо, Константин!». Если озвучить в персоналиях инициаторов этой дискуссии, то это авторитетнейшие в дорожной отрасли профессионалы. От лица Григория выступает Скворцов Олег Вячеславович, а в роли Константина — руководитель авторского коллектива по написанию СП 34.13330.2012 Юмашев Владислав Михайлович.

Сразу заявляю, что, несмотря на некоторые мои споры со Скворцовым О.В. по ряду отдельных вопросов, в целом, я разделяю его позицию.

Для начала посмотрим на СП с формальной точки зрения. Открываю «3 Термины и определения», изложенные в алфавитном порядке. Остановлюсь лишь на А и Б.

А. «АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА — комплекс конструктивных элементов, предназначенных для движения с установленными скоростями...». Не знаю, при чём тут установленные скорости. Водитель сам выбирает скоростной режим, исходя

продолжение на стр. 4 ☯



## САПР и ГИС автомобильных дорог

### АДРЕС РЕДАКЦИИ

634003, г. Томск, пер. Школьный, д. 6, стр. 3

Телефон/факс: **+7 (3822) 651-386**

Электронная почта: **red@indorsoft.ru**

### РЕГИСТРАЦИЯ ЖУРНАЛА

**ISSN 2310-4376**

Версия: **для печати**

Номер свидетельства:

**ПИ № ФС 77-53497**

Наименование СМИ:

**САПР и ГИС автомобильных дорог**

Дата регистрации: **04.04.2013**

Форма распространения:

**печатное СМИ: журнал**

Территория распространения:

**Российская Федерация,**

**зарубежные страны**

Издатель: **ООО «ИндорСофт»**

Учредитель: **ООО «ИндорСофт»**

Версия журнала в интернете:

**cadgis.ru**

**eLIBRARY.ru**

**Журнал зарегистрирован  
в системе РИНЦ**

### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Бойков Владимир Николаевич**

### НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

**Скворцов Алексей Владимирович**

### ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР

**Дмитриенко Виктор Евгеньевич**

### КОРРЕКТОРЫ

**Кривых Ирина Викторовна**

**Рукавишникова Елена Евгеньевна**

**Князюк Елизавета Михайловна**

**Райкова Лидия Сергеевна**

### ДИЗАЙН И ВЁРСТКА

**Патов Евгений Валерьевич**

### ОТДЕЛ РЕКЛАМЫ

**Кузнецова Анна Петровна**

Любая перепечатка без письменного  
согласия правообладателя запрещена.

Иное использование статей,  
опубликованных в журнале, возможно  
только со ссылкой на правообладателя.

Тираж — 3 000 экз. Формат 210×297

- 1**    **Техническое регулирование  
на марше...**  
Бойков В.Н.
- 8**    **Об информационных моделях дорог  
в технической политике Госкомпании  
«Автодор»**  
Попов В.А., Бойков В.Н.
- 12**   **ВІМ автомобильных дорог: оценка  
зрелости технологии**  
Скворцов А.В.
- 22**   **Нормативно-техническое обеспечение  
ВІМ автомобильных дорог**  
Скворцов А.В.
- 33**   **Информационное моделирование  
в строительстве**  
Нестеров И.В.
- 37**   **Нормативная база для САУ 3D**  
Кулижников А.М., Ануфриев А.А., Колесников И.П.
- 43**   **Предпосылки зарождения ВІМ  
в ФКУ Упрдор «Алтай»**  
Долинский Я.А., Елугачёв П.А.
- 46**   **Методическое обеспечение автоматизи-  
рованного проектирования кольце-  
вых пересечений**  
Поспелов П.И., Щит Б.А., Овчинников М.А., Вершков А.А.,  
Зобнин М.Н., Жуков А.В., Елугачев П.А., Катасонов М.А.,  
Величко Г.В., Сикорская Л.И.
- 57**   **Плохие нормы — плохие дороги**  
Скворцов О.В.
- 63**   **Autodesk о дорожном проектировании:  
проблемы и решения**  
Морозова А.С.



- 67** Предварительная обработка данных мобильного лазерного сканирования в системе IndorCloud  
Медведев В.И., Сарычев Д.С., Скворцов А.В.
- 75** Эффективное управление информацией на всех этапах ЖЦ АД  
Петренко Д.А.
- 81** Строительство автомобильных дорог на основе 3D-моделей  
Райкова Л.С., Петренко Д.А.
- 86** Разработка проектов организации дорожного движения: настоящее и будущее  
Кривопапов А.Д., Петренко Д.А., Скворцов А.В.
- 93** Формальное описание моделей функционирования системы ВАДС  
Ерёмин В.М.
- 98** Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ  
Сарычев Д.С., Скворцов А.В.
- 103** Проект дорожной методики по сбору, хранению и обновлению данных ГИС  
Сарычев Д.С.
- 110** Эксплуатация автомобильных дорог:  
пути автоматизации  
Полторацкий В.Е., Кандауров А.А., Репин Ю.А., Шульгин Г.К.
- 115** Учёт гарантийных обязательств на выполненные работы в ГИС IndorRoad  
Скачкова А.С., Субботин С.А., Кривых И.В.
- 120** Персона: Скворцов Олег Вячеславович.  
Дорогу осилит идущий  
интервьюировал Бойков В.Н.
- 127** 10 самых красивых автомобильных дорог России  
Кузнецова А.П.





# Техническое регулирование на марше...

© начало на стр. 1

из дорожных условий и состояния транспортного потока в рамках максимально-разрешённой скорости. Но дело даже не в этом. Открываю «Справочник дорожных терминов» [3], где дано привычное для студентов-дорожников и инженеров многих поколений определение: «АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА — инженерное сооружение, предназначенное для движения автомобилей...». Уже лучше, но определение устарело. Читаем ФЗ №257 «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности в РФ»: «АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА — объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств...». Именно это определение, стилистически выверенное и законодательно утверждённое, должно было быть прописано в СП, но авторы думают по-другому.

Б. «БИКЛОТОИДА — кривая, состоящая из двух одинаково направленных клотоид с одинаковыми параметрами...». Мысленно обращаюсь к авторам: «Почему с одинаковыми параметрами?» Одинаковые параметры — симметричная биклотоида, разные параметры — несимметричная биклотоида. И то, и другое в природе существует и используется при проектировании. А далее я открою Вам «военную тайну» Мальчиша-Кибальчиша. За рубежом проектирование биклотоидных закруглений не рекомендуется и даже запрещается, поскольку траектория движения автомобиля плохо совпадает с её

очертаниями. Например, немецкие нормы регламентируют, что между двумя клотоидами должна быть вставка отрезка круговой кривой по длине, не менее длины пути движения автомобиля в течение 2–3 секунд с расчётной скоростью (2–3 секунды — это скорость реакции водителя). Да, тема сложная.... И совсем уж не тайна, и не секрет, что термин «биклотоида» далее по тексту документа более не встречается ни разу. Тогда зачем Вы даёте ему определение?

Можно было бы продолжить экскурс терминов, но их трактовка с моей стороны уже больше похожа на ёрничество. Не моя вина — не подставляйтесь, авторы.

Далее — по сути документа. Ключевым вопросом в нормировании геометрических параметров дороги является расчётная скорость. В СП под расчётной скоростью понимают «наибольшую возможную (по условиям устойчивости и безопасности) скорость движения одиночного автомобиля...». Какого автомобиля? Замечу, что расчётные скорости по категориям дорог не изменялись со времён СНиП II–Д.5–62. И там, в качестве расчётного автомобиля для обоснования наибольшей возможной скорости движения был принят отечественный автомобиль ГАЗ-21 «Волга». Так он по умолчанию (молчаливо) и присутствует во всех последующих нормах.

В то же время в передовых зарубежных нормах за расчётную принимается скорость 85% вероятности превышения. Не вдаваясь в суть этого параметра, скажу, что есть множество публикаций на эту тему, в том числе

Скворцова О.В. [4], где эта тема доходчиво анализируется и объясняется. А заявления авторов СП о том, что наши расчётные скорости почти такие же, как за рубежом, и даже выше, за счёт чего наши нормы даже более строгие, лишь уведут дискуссию от истинной природы вещей.

Приведу практический пример. В Госкомпании «Автодор» выполнили проект реконструкции участка автомобильной дороги М-4 «Дон» по нормам российским и немецким. И хотя расчётные скорости были сопоставимые (российские — 150 км/ч, немецкие — 140 км/ч), за счёт разных схем расчёта величин минимальных радиусов кривых в продольном профиле объём земляных работ на проектируемом участке по немецким нормам оказался меньше на 30%. В контексте этого вспоминаются слова В.Ф. Бабкова: «Нельзя, чтобы в дорожном строительстве превалировал бульдозерный стиль мышления».

Другим принципиальным положением СП, с которым трудно согласиться, является то, что более 80% параметров дорог назначаются по принципу «прямого нормирования». Доказано, что для реализации творческого потенциала инженера-проектировщика необходимо, чтобы доля параметров «прямого нормирования» не превышала 50%.

«Прямое нормирование» поясним на примере табл. 5.8 из СП.

Почему длина переходной кривой на серпантине при скорости 30 км/ч должна быть 30 м, не поясняется. Думаю, что имелось в виду, не менее 30 м. А уширение проезжей части — не менее 2,2 м. Однако проектировщик видит табличное указание



Таблица 5.8 из СП 34.13330.2012

| Параметры элементов серпантина                       | Параметры серпантина при расчётной скорости движения, км/ч |     |     |
|--|--|-----|-----|
|  | 30   | 20  | 15  |
| Наименьший радиус кривых в плане, м                  | 30   | 20  | 15  |
| Поперечный уклон проезжей части на вираже, ‰         | 60   | 60  | 60  |
| Длина переходной кривой, м                           | 30   | 25  | 20  |
| Уширение проезжей части, м                           | 2,2  | 3,0 | 3,5 |
| Наибольший продольный уклон в пределах серпантина, ‰ | 30   | 35  | 40  |

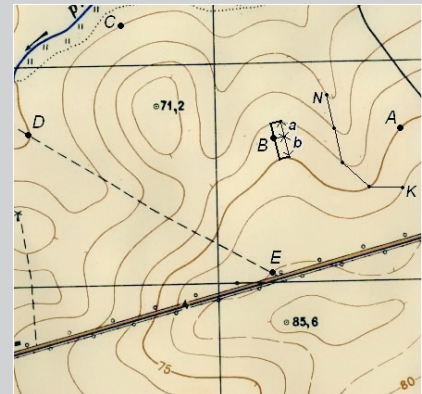


Рис. 1. Естественный ландшафт в горизонталях и дорога

параметров и выполнит именно так. А если не выполнит, то госэкспертиза его поправит, напишет: «Видите, надо конкретно — 30 м и 2,2 м (таблица 5.8)».

Вот такое «прямое нормирование» параметров лишает инженера возможности творческого подхода к выработке оптимальных проектных решений. Неоднократно говорилось (писалось) о том, что целесообразно, по возможности, переходить от табличного нормирования к формульным зависимостям параметров, когда инженеру понятен каждый из параметров формулы, и он ими варьирует в допустимых пределах, добиваясь приемлемого проектного решения.

Отдельной темой обсуждения, имеющей важнейшее значение в теории и практике проектирования, является трассирование дорог. Именно очертания трассы во многом определяют все потребительские свойства будущей дороги. В СП даже имеется подраздел «Трассирование с учётом ландшафта». И даже есть хорошая декларация того, что «трассу вновь строящихся дорог, а при соответствующем технико-экономическом обосновании и реконструируемых дорог, следует предусматривать в виде плавной линии в пространстве...». Но дальше как-то эта тема особо не задавалась.

Попытаемся частично восполнить этот пробел. Что означает «дорога... плавная линия в пространстве». Видимо речь идёт о том, что дорога в плане и продольном профиле должна иметь криволинейные очертания. И тут начинают играть роль уже не столько нормированные параметры трассы, сколько принципы трассирования и методы трассирования, реа-

лизующие в той или иной степени эти принципы.

Заметим, что природный (естественный) ландшафт почти не содержит прямых линий (рис. 1), а значит и ландшафтное трассирование дорог должно строиться на основе криволинейных элементов. Этому утверждению отвечает принцип «гибкой линейки» и реализующие его методы трассирования «опорных элементов» и «сплайн-трассирования» [5].

Метод «опорных элементов» в САПР-реализации был разработан М.А. Григорьевым (Союздопроект) ещё в конце 70-х годов прошлого столетия. Современные САПР АД также имеют в своем арсенале инструменты этого метода, но применяется он у нас весьма редко в отличие от зарубежной практики.

Метод «сплайн-трассирования» дорог был апробирован в середине 90-х годов в Томской области, когда «Томскавтодором» руководил человек, открытый к экспериментам и инновациям — Урманов И.А. По его инициативе были запроектированы и построены две автомобильные дороги, в основе трассирования которых лежал математический аппарат сплайнов.

На рисунке 2 представлен космоснимок участка дороги Томск–Межениновка, где этот метод был реализован. Из снимка видно, что практически на всём протяжении трасса криволинейна. Исключение составляет участок дороги, где было принято решение примыкания дорог слева и справа осуществить на прямом участке.

В верхнем левом углу снимка видно, что дорога в целом имеет плавный поворот направо, но он реализован

в виде криволинейно-синусоидального очертания. Объясняется это следующим обстоятельством: дорога в этой зоне проходила по кедровому бору, и нам не удалось договориться с лесхозом о сносе 5–7 кедровых деревьев, что позволило бы реализовать более плавные очертания дороги. Пришлось «плясать» вокруг каждого дерева. А через три года на кедрач напал жук-короед и «съел» половину деревьев, что и видно на снимке. Вот так иногда борьба за экологию и лес не спасает, и дорогу нормальную не позволяет построить.

Примерно по центру снимка видна примыкающая к основному титулу дорога с направлением на юг. Её очертания — яркий пример «полигонального трассирования», когда чередуются длинные прямые и короткие кривые поворотов трассы.

Принцип «полигонального трассирования» дорог и сопряжённый с ним метод «тангенсов», к сожалению, доминирует в отечественной проектной практике. Ниже, на рисунке 3, представлен космоснимок станицы Большекрепинская, где прямолинейные «стрелы» дорог со всех направлений входят в поселение. Следствием этого является повышенная скорость движения транспорта на въезде, что, в свою очередь, порождает потенциальную опасность ДТП с тяжёлыми последствиями.

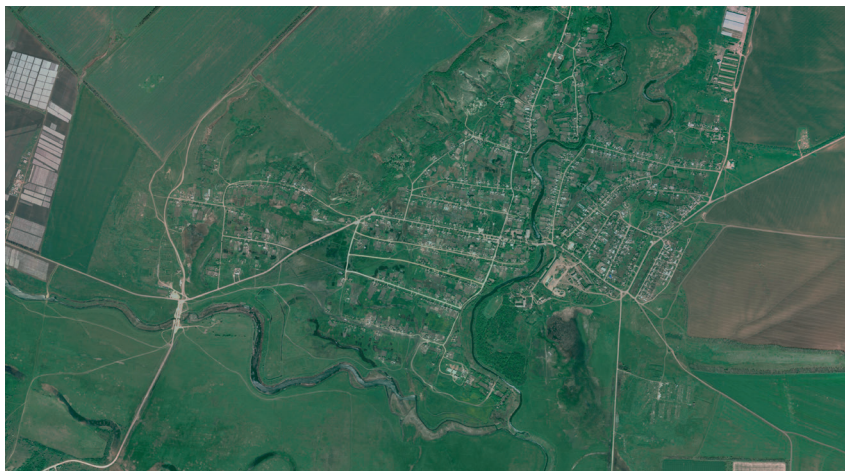
Аналогичная ситуация в городе Медынь (рис. 4), где уже шесть «стрел» дорог направлены сразу в центр города и лишь одна из них — более или менее криволинейная. Очень характерным примером явного «геометризма вопреки ландшафту» является дорога с примыканиями в правом углу сним-



*Рис. 2. Участок дороги Томск–  
Межениновка со сплайн-  
трассированием*



*Рис. 3. Станица Большекрепинская,  
Ростовская область*



*Рис. 4. Город Медынь,  
Калужская область*



*Рис. 5. Баварское поселение  
Бойерберг, Германия*







Рис. 6. Кольцевые пересечения (а) и разнесённые примыкания (б)

ка, к которой с формальных позиций отечественных норм проектирования нельзя предъявить претензий.

Космоснимки любых других населённых пунктов РФ (посмотрите Yandex-карты, Google-карты) будут иметь примерно ту же транспортную ситуацию, что и приведенные выше.

Вы можете сказать: «А причём здесь СП 34.13330.2012?». Да, пока не причём. Но вот близкородственная связка СНиП II-Д.5-72 → СНиП 2.05.02-85 → СП 34.13330.2012 — очень даже причём!

Общеизвестно, что въезду в населённый пункт должны предшествовать зоны успокоения движения транспортного потока. Ими могут быть технические средства организации дорожного движения: знаки ограничения скорости, лежащие полицейские и т.п. Но наиболее целесообразный способ — это сами очертания трасс дорог, которые содействуют установлению того или иного скоростного режима движения транспорта.

Обратимся к опыту Германии. Ниже приведён космоснимок (рис. 5) немецкого населённого пункта. В его окрестностях сформирована густая сеть дорог. И все дороги имеют криволинейные очертания, максимально вписанные в ландшафт. Заметно следование дорог очертаниям рек, сельскохозяйственных угодий и рельефу. И даже улицы населённого пункта имеют плавно-криволинейные очертания.

Такие вот проектные решения не только решают вопросы эстетики

окружающего пространства, но и обеспечивают безопасность и комфорт транспортного движения. Заметим, что практически не наблюдается прямых въездов в поселение. Им предшествуют примыкания или повороты трассы, что естественным образом приводит к успокоению транспортного движения.

Из поучительных примеров немецкой дорожной практики приведём пример кольцевых пересечений малого радиуса (рис. 6а). Но такие «кольца», к счастью, становятся повседневной практикой и наших дорог, благодаря своевременной разработке ОДМ «Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог».

А вот на рисунке 6б показано весьма оригинальное решение, казалось бы, простого пересечения дорог. Пересечение выполнено в виде двух разнесённых примыканий, причём подъездные участки второстепенной дороги выполнены в виде s-образных траекторий, которые естественным образом снижают скорость движения на подъезде к главной дороге и повышают безопасность движения.

Вызывает особое уважение то, что вдоль основных дорог проложены проезды для сельскохозяйственной техники, которые снимают нагрузку с дорог общего пользования.

Согласитесь, это и есть пример творческого и разумного подхода к проектированию, когда над тобой не довлеют параметры «прямого норми-

рования» и приветствуется инженерная инициатива.

В рамках редакторской статьи я постарался донести своё понимание направления развития нормативной базы проектирования дорог, в первую очередь, в части их геометрического совершенства. И если Вы, хоть в какой-то мере, разделяете данную оценку существующей ситуации в сфере проектирования дорог, то я не зря стукал по клавишам своего компьютера. ■

#### Литература:

1. Федеральный закон от 27 декабря 2002 года №184-ФЗ «О техническом регулировании».
2. СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги». Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*.
3. Справочник дорожных терминов. М.: ЗАО «Экон-информ». 2005.
4. Сковцов О.В. О влиянии режимов движения автомобилей на безопасность движения и современные подходы к оценке проектных решений автомобильных дорог. Труды РосДорНИИ. 2011.
5. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. М.: Транспорт. 1986.





БЕЗОПАСНОСТЬ СКОРОСТЬ



# Об информационных моделях дорог в технической политике Госкомпании «Автодор»

Попов В. А., к.т.н., заместитель ген. директора ООО «Автодор-Инжиниринг» (г. Москва)

Бойков В. Н., д.т.н., профессор МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)

*В статье рассматриваются элементы технической политики государственной компании «Российские автомобильные дороги», направленные на совершенствования управления автомобильными дорогами в течение всего жизненного цикла с помощью современных технологий информационного моделирования. Рассматриваются промежуточные итоги выполняемой в настоящее время по заказу ГК «Автодор» научно-исследовательской работы «Разработка рекомендаций по использованию инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог».*



Государственная компания «Российские автомобильные дороги» осуществляет инвестиционную деятельность на принципах государственно-частного партнёрства с горизонтом финансового планирования в 25–30 лет, предусматривающих принятие Государственной компанией долгосрочных финансовых обязательств на данный период.

Государственно-частное партнёрство (ГЧП) — объединение финансовых, технологических, организационно-управленческих, кадровых и иных ресурсов государства и бизнеса при создании и эксплуатации объектов государственной или муниципальной собственности, а также оказании общественно-значимых услуг, традиционно закрепленных за компетенцией государства.

Использование схемы ГЧП позволяет повысить эффективность использования бюджетных средств, обеспечить более эффективное выполнение проекта, а также реализовать большее количество проектов в течение определённого срока. По мере использования схемы ГЧП повышается качество предоставляемых услуг, часть рисков передаётся частному сектору, а в результате конкуренции достигается более грамотное использование ресурсов. ГЧП становится важным элементом эффективной модели государственного управления, в которой государство выполняет скорее регулирующие функции, нежели функции предоставления услуг.

Виды контрактов:

- концессионное соглашение с прямым сбором платы;
- контракт жизненного цикла;
- операторский контракт;
- концессионное соглашение с эксплуатационным платежом;
- долгосрочное инвестиционное соглашение.

Рост уровня автомобилизации населения РФ актуализирует задачу ускоренного развития сети автомобильных дорог в ближайшей перспективе. Повышение эффективности этого процесса возможно за счёт множества факторов, не последним из которых является рациональное применение вычислительной техники (ВТ) и информационных технологий (ИТ) при проектировании дорог и управлении дорожным хозяйством.

Одним из ключевых направлений в сфере ИТ, способной качественно изменить ситуацию во всей цепочке жизненного цикла автомобильных дорог, становится развитие и внедрение парадигмы (концепции, технологии) BIM (Building Information Modeling) — информационного моделирования зданий и сооружений. Суть этой концепции заключается в том, что в процессе проектирования создаётся не совокупность чертежей и описаний (текстовых, табличных) будущего объекта строительства (реконструкции, ремонта), а его информационная модель, которая выступает в качестве общего ресурса знаний и получения информации об объекте, обеспечивая принятие оптимальных решений на всех этапах его жизненного цикла.

Госкомпания «Автодор», обособленно стремящаяся стать инновационным лидером в сфере дорожного хозяйства РФ, накопила значительный опыт во внедрении современных технологий в практику проектирования, строительства и эксплуатации транспортной инфраструктуры (**автоматизированное проектирование и ГИС-поддержка строительства и эксплуатации, системы спутниковой навигации и лазерное сканирование при изысканиях и диагностике, ИТС и автоматизированное управление дорожно-строительной техникой**). Эти технологии по своей сути являются неотъемлемыми компонентами BIM, однако их применение носит фрагментарный и зачастую лишь пилотный характер. Повсеместное их внедрение должно сопровождаться соответствующими организационными, нормативно-техническими и технологическими процессами, а также обучением персонала. В настоящее время ООО «Автодор-Инжиниринг» по заказу Госкомпании «Автодор» выполняет НИР **«Разработка рекомендаций по использованию инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог»**.

Цель работы — повышение качества проектной документации и сокращение сроков строительства (реконструкции, ремонта) дорог, а также совершенствование системы управления состоянием сети автомобильных дорог и повышение эффективности

капитальных вложений на всех стадиях жизненного цикла дорог посредством внедрения в инженерные и управленческие процессы парадигмы «Информационное моделирование».

В процессе работы изучался зарубежный и отечественный опыт применения информационного моделирования в гражданском строительстве и дорожном хозяйстве, были систематизированы лучшие практики.

Остановимся на некоторых из них, а именно: Великобритания, США и Скандинавские страны.

Великобритания, очевидно, одна из первых выступила с инициативой регулирования BIM на государственном уровне. В 2011 году кабинет министров Великобритании представил «Правительственную стратегию строительства», в которую записано требование повсеместного использования BIM к 2016 году, включая государственные и частные проекты. В этой же стратегии отмечается, что на текущий момент ощущается нехватка совместимых систем, стандартов и протоколов, что снижает эффект взаимодействия всех участников по поддержке жизненного цикла объектов строительства.

Базовыми документами, регулирующими процесс информационного моделирования, являются:

- BS 1192:2007 (British Standard) — нормирует требования к CAD;
- PAS 1192-2:2013 [1] — нормирует стадию BIM.

PAS 1192-2:2013 содержит график [2], который демонстрирует уровни развития проектирования от CAD к BIM (Level 0, Level 1, Level 2, Level 3). Нулевой уровень представляет собой использование ИТ для вычерчивания графики, текстов и таблиц. Уровень 1 обозначает работу с 2D-моделями и переход к 3D-моделям. Уровень 2 характеризует собственно стадию BIM, которая и реализована в данный момент в Великобритании. Уровень 3 обозначает интегрированный BIM, когда работа осуществляется с 4D- и 5D-моделями (четвертое и пятое измерения означают время и ресурсы соответственно).

С начала 2000-х годов стандарт трёхмерного представления проектов, ориентированного на информационное моделирование зданий, под общим названием National

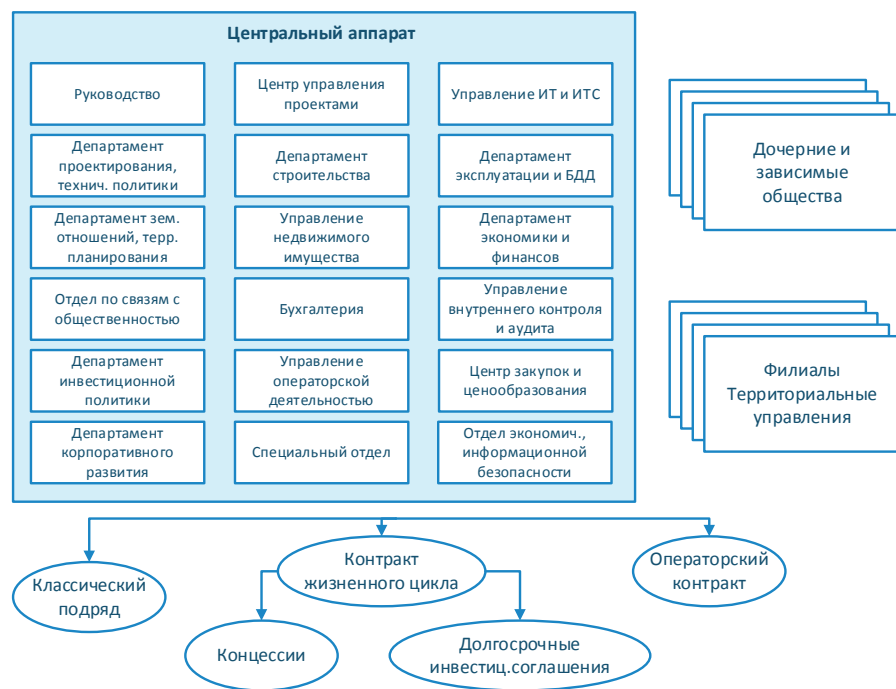


Рис. 2. Организационная среда Госкомпании «Автодор»

3D-4D-BIM Program был инициирован Администрацией общих служб США (GSA), что, очевидно, стало стартом процесса государственного регулирования этого процесса.

В США расположены штаб-квартиры двух мировых лидеров в сфере BIM. Это — Autodesk и Bentley. Флагманским программным продуктом Autodesk является Revit, а Bentley широко известен технологией информационного моделирования линейно-протяженных объектов — OpenRoads. Они обеспечивают работу и интеграцию следующих этапов проектирования: данные инженерно-геодезических изысканий, построение и обработка ЦММ, проектирование площадок и генпланов, моделирование коридора, динамические поперечные сечения, типовые пересечения автомобильных дорог, визуализация проектного решения.

Технология OpenRoads предоставляет общий рабочий процесс, структуру данных и средства моделирования, необходимые организациям гражданского строительства для соответствия современным требованиям к информационному моделированию и ускоренной реализации проектов. В том числе поддерживаются строгие требования, изложенные в американском акте Moving Ahead for Progress in the 21st Century (MAP-21) и британском

стандарте BS 1192, определяющие методику управления производством, распространением и качеством строительной информации.

Скандинавские страны (Норвегия, Финляндия, Нидерланды, Дания, Швеция) являются одними из мировых лидеров в сфере внедрения BIM в проектную практику строительной отрасли.

Ряд проектов автомобильных дорог, например в Норвегии, был реализован в концепции BIM-технологии. Особый интерес представляет Объединённый проект по шоссе E6 / линии железной дороги Dovge, выполненный транснациональной компанией COWI. Проектирование было выполнено на основе Руководства 138 (НВ138) — норвежского национального стандарта по BIM [3].

**Опытный опыт.** BIM-технология и связанная с ней парадигма информационного моделирования объектов капитального строительства в РФ уже обсуждаются на уровне законодательной и исполнительной власти. Власть, следуя положительному примеру зарубежного опыта, готова рассматривать BIM как фактор существенного повышения эффективности в сфере градостроительной деятельности. Форма, содержание и прогнозируемые результаты этих, уже состоявшихся, обсуждений изложены ниже.

5 февраля 2014 года состоялось заседание Консультативного совета по рациональному и безопасному недропользованию в ТЭК при председателе Комитета Государственной Думы Российской Федерации по энергетике. Тема заседания — «Разработка национального плана мероприятий по внедрению инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства». На заседание, помимо организаций, связанных с энергетическим комплексом страны, были также приглашены представители автодорожной (ГК «Автодор») и железнодорожной (ОАО «РЖД») отраслей.

Доклады были высокого профессионального уровня, и смысл их сводился к тому, что необходимо на государственном уровне решать вопрос всестороннего внедрения BIM-технологии для всех объектов капитального строительства (ОКС), проектирование которых регламентировано Градостроительным кодексом.

Однако развернувшаяся дискуссия показала, что не всё так однозначно в этом вопросе. Сам термин BIM (Building Information Modeling — информационное моделирование зданий) несёт в себе узкий смысл. Создаётся впечатление, что как сам термин, так и вся BIM-технология применимы лишь для отдельных зданий. А что касается линейно-протяжённых объектов, таких как дороги (автомобильные и железные), то их специфика проектирования существенно отличается от проектирования площадных ОКС, и здесь простой перенос правил информационного моделирования зданий на дороги вряд ли уместен. Такую точку зрения консолидировано и доказательно аргументировали представители ГК «Автодор» и ОАО «РЖД». Организаторы заседания согласились, что термин BIM трактуется узко, и специалистами подыскивается более удачное и расширенное его толкование. А может быть, существующее толкование является правильным, и BIM-технология на сегодня разработана лишь для проектирования отдельных зданий? Трудно представить, что правила информационного моделирования могут быть едиными для отдельного здания и транспортной магистрали, жилого микрорайона и завода с его уникаль-



ной инженерной и технологической инфраструктурой.

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

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

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

На сегодня создана Рабочая группа, которая подготовила план поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства. Реализация этого плана призвана:

- повысить конкурентоспособность российского строительного комплекса, улучшить качество изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации объектов, снизить себестоимость их строительства и эксплуатации, снизить риски возникновения чрезвычайных ситуаций;

- обеспечить к 2017 году переход на обязательное использование технологий информационного моделирования при проектировании, строительстве и эксплуатации особо опасных и уникальных объектов, а также объектов массового пребывания людей;

- обеспечить к 2020 году переход на обязательное использование технологий информационного при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов различного назначения, создание которых финансируется из

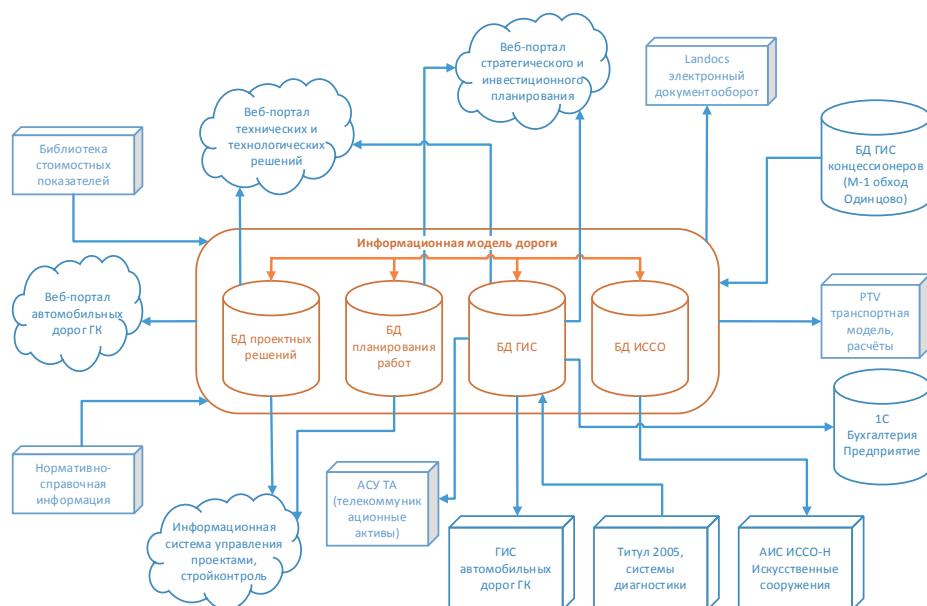


Рис. 3. Информационно-технологическая среда Госкомпании «Автодор»

бюджетов различных уровней, в том числе за счёт средств акционерных компаний, имеющих долю государственной собственности в уставном капитале.

В октябре текущего года ожидается принятие этого плана Правительством РФ. Положительное решение этого вопроса будет означать — не на словах, а на деле — старт государственного регулирования в сфере технологий информационного моделирования ОКС и, в том числе, автомобильных дорог.

Нами, в рамках НИР, выполнен анализ организационной и информационно-технологической среды Государственной компании «Автодор» с позиции её готовности к поэтапному внедрению технологии информационного моделирования автомобильных дорог.

Особенностью организационной среды Госкомпании «Автодор» является то, что наряду с классическими договорами подряда (проектирование, строительство, эксплуатация), она широко использует формы организационного взаимодействия (рис. 2), основанного на долгосрочных контрактах жизненного цикла (КЖЦ). И здесь преимущества технологии информационного моделирования дорог (ИМД) должны стать наиболее очевидными, поскольку КЖЦ и ИМД совпадают по временным параметрам существования (20–30 лет) и, следовательно, должны развиваться синхронно.

Что касается информационно-технологической среды, то в Госкомпании она, несмотря на высокий уровень информатизации всех видов деятельности, всё ещё находится в стадии формирования и структурирования. На рис. 3 приведена гипотетическая схема фрагмента этой среды, где определены роль и место ИМД среди других, уже развернутых баз данных и компьютерных программ.

На основе данных анализа и обобщения зарубежного и отечественного опыта, а также организационной и технологической среды самой Госкомпании, в рамках 1-го этапа НИР сформулированы предложения (предварительные) по внесению изменений в руководящие и организационные документы Государственной компании «Автодор», связанные с предстоящим поэтапным внедрением технологий информационного моделирования автомобильных дорог. ■

#### Литература:

1. PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. 2013. 68 p.
2. Сковрцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 22–32.
3. HB 138 MODELLGRUNNLAG. Krav til grunnlagsdata, odeler, utsettings- og innmålingsdata Høringsutkast. 2010. 98 p.

# ВІМ автомобильных дорог: оценка зрелости технологии

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

*Рассматривается I-CMM — интерактивная модель оценки зрелости BIM (Interactive BIM Capability Maturity Model) с точки зрения её применимости в дорожном хозяйстве. На основе опроса экспертов в области проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, получена грубая оценка современного уровня зрелости типичной отечественной организации. Отмечается необходимость широкого поэтапного преобразования современной нормативно-технической базы для соответствия современным требованиям BIM.*

## 1. Введение

Идея информационного моделирования зданий (англ. Building Information Modeling, BIM) возникла в 1975 г. (изначально под другим именем) в результате эволюционного развития теории архитектурных САПР. Но как единая технология BIM начала активно применяться примерно с 2002 г. благодаря широкому внедрению базовых принципов BIM в программном обеспечении ведущих разработчиков архитектурных систем, в первую очередь в системе ArchiCAD [1].

С начала 2000-х годов начали появляться первые национальные нормативные документы (Австралия, Великобритания, Гонконг, Дания, Испания, Нидерланды, Норвегия, Сингапур, США, Финляндия), регламентировавшие процесс информационного моделирования зданий. В результате обобщения опыта их применения стали создаваться и международные стандарты. Так, в International Standard Organization (ISO) имеется два технических комитета, которые имеют прямое отношение к BIM. Это:

■ Технический комитет ISO/TC 184 — Automation systems and integration (Системы промышленной автоматизации и интеграции), подкомитет SC 4 — Industrial data (Промышленные данные). В этом подкомитете на основе разработки IFC 4 международного консорциума buildingSMART разработан стандарт ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries. Это стандарт на описание форматов обмена данными между BIM-системами.

■ Технический комитет ISO/TC 59 — Buildings and civil engineering works (Строительство зданий), подкомитет SC 13 — Organization of information

about construction works (Организация информации о строительных работах). Этот подкомитет разработал базовые 7 стандартов, все направленные на управление проектированием и строительством зданий на основе BIM-моделей:

- ISO 12006-2:2001 Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification of information.
- ISO 12006-3:2007 Building construction — Organization of information about construction works — Part 3: Framework for object-oriented information.
- ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling (BIM) guidance.
- ISO 16354:2013 Guidelines for knowledge libraries and object libraries.
- ISO 22263:2008 Organization of information about construction works — Framework for management of project information.
- ISO 29481-1:2010 Building information modelling — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format.
- ISO 29481-2:2012 Building information models — Information delivery manual — Part 2: Interaction framework.

В вышеперечисленных международных стандартах пока ещё не нашли отражение многие стороны реальной работы в методологии BIM, поэтому на практике применяются различные национальные стандарты, стандарты консорциума buildingSMART, а также стандарты де-факто отдельных фирм — разработчиков программного обеспечения.

Несмотря на то, что технология BIM в явном виде (по своей исходной аббревиатуре BIM — building information model) относится



к зданиям, последние несколько лет всё активнее начали говорить о применимости BIM-технологии к строительству любых капитальных сооружений, в том числе и автомобильных дорог. Так, о претензиях BIM на автомобильные дороги говорится в стандарте ISO 29481-1 «Building information modelling — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format», где в п. 2.2 даётся следующее определение BIM (обратите внимание, что расшифровка аббревиатуры изменена):

«BIM (англ. building construction information model) — это цифровое представление любого строительного объекта (включая здания, мосты, дороги и пр.), совместно используемое и являющееся надёжным источником принятия решений».

Уже известны многочисленные попытки применения отдельных технологий BIM в дорожном хозяйстве как за рубежом, так и в России. И, как правило, опыт такого рода применения описывается как положительный.

Это тем более удивительно, **ведь сейчас в мире нет ни одного BIM-стандарта для комплексного описания проектов автомобильных дорог** и, как следствие, **нет ни одной САПР автомобильных дорог, которая могла бы называться BIM-системой!**

В данной статье попробуем разобраться, о чём идёт речь. Для этого мы рассмотрим I-CMM — интерактивную модель оценки зрелости BIM (Interactive BIM Capability Maturity Model), вошедшую в стандарт National BIM Standard (NBIMS, США). Несмотря на то, что эта модель была разработана в 2007 г., она до сих пор не потеряла актуальности и широко используется для оценки уровня применения технологий BIM для управления строительством и эксплуатацией зданий.

## 2. Модель оценки зрелости BIM

Для разработки модели оценки зрелости BIM авторы американского стандарта National BIM Standard (NBIMS) использовали метод ситуационного анализа, представленный в [2]. В стандарте NBIMS вводится модель I-CMM [3], в соответствии с которой выделяется 11 критериев (категорий, областей интересов), по которым выполняется оценка процесса исполнения строительных контрактов. Каждый критерий в результате экспертной оценки получает уровень зрелости от 1 до 10. Каждый полученный уровень умножается на коэффициент важности, а результат суммируется. Итоговое значение позволяет дать общую оценку зрелости применяемой BIM-технологии.

Сама модель представлена разработчиками в общем доступе в виде электронной таблицы Microsoft Excel (рис. 1). В этой модели можно самостоятельно вводить оценки зрелости отдельных категорий и немедленно получать итоговый результат.

Рассмотрим различные элементы модели I-CMM версии 2.0, выпущенной в 2012 г.

Стандарт NBIMS в части I-CMM вводит следующие 11 критериев экспертных оценок. Ниже приведён вольный авторский перевод (рис. 2, 3):

■ **A. Data Richness** (Полнота данных, важность 84%). Характеризует полноту представления информационной модели здания от отдельных несвязанных элементов данных до полного владения всей значимой информацией и знаниями об объекте в BIM-системе.

- Уровень 1. *Basic Core Data*. В электронном виде имеются только самые базовые данные.


|   |  |                            |  |
|---|--|----------------------------|--|
| TODAY:  | September 28, 2014                                   |                            |  |
| © NIBS 2012   | <b>The Interactive BIM Capability Maturity Model</b> |                            |  |
|   | <b>Area of Interest</b>                              | <b>Weighted Importance</b> | <b>Choose your perceived maturity level</b>  |
|   | Data Richness  | 84%                        | Data Plus Expanded Information               |
|   | Life-cycle Views                                     | 84%                        | Add Construction/ Supply                     |
|   | Change Management                                    | 90%                        | Limited Awareness                            |
|   | Roles or Disciplines                                 | 90%                        | Partial Plan, Design&Constr Supported        |
|   | Business Process                                     | 91%                        | Some Bus Process Collect Info                |
|   | Timeliness/ Response                                 | 91%                        | Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is |
|   | Delivery Method                                      | 92%                        | Limited Web Enabled Services                 |
|   | Graphical Information                                | 93%                        | 3D - Intelligent Graphics                    |
|   | Spatial Capability                                   | 94%                        | Basic Spatial Location                       |
|   | Information Accuracy                                 | 95%                        | Limited Ground Truth - Int Spaces            |
|   | Interoperability/ IFC Support                        | 96%                        | Most Info Transfers Between COTS             |
|   |  |                            | <b>Credit Sum</b>                            |
|   |  |                            | <b>40,0</b>                                  |
|   |  |                            | <b>Maturity Level</b>                        |
|   |  |                            | Minimum BIM                                  |
|  National Institute of<br>BUILDING SCIENCES<br>Facilities Information Council<br>National BIM Standard |  |                            |  |
| ADMINISTRATION  | <b>Points Required for Certification Levels</b>      |                            |  |
|   | <b>Low</b>   | <b>High</b>                |  |
|   | 40   | 49,9                       | Minimum BIM                                  |
|   | 50   | 59,9                       | Minimum BIM                                  |
|   | 60   | 69,9                       | Certified                                    |
|   | 70   | 79,9                       | Silver                                       |
|   | 80   | 89,9                       | Gold   |
|   | 90   | 100                        | Platinum                                     |
| Remaining Points Required For:  |  | Certified                  | 20,0   |

Рис. 1. Интерактивная модель зрелости BIM в виде электронной таблицы Microsoft Excel

- Уровень 2. *Expanded Data Set*. В электронном виде имеются базовые и некоторые вспомогательные данные.
- Уровень 3. *Enhanced Data Set*. Имеются зачатки моделей данных.
- Уровень 4. *Data Plus Some Information*. Данные позволяют извлекать новую информацию.
- Уровень 5. *Data Plus Expanded Information*. Данные приобретают официальный статус и становятся первичным источником принятия решений.
- Уровень 6. *Data w/Limited Authoritative Information*. В электронном виде имеются отдельные метаданные и информация становится доступнее.
- Уровень 7. *Data w/Mostly Authoritative Information*.

| Capability Maturity Model Category Descriptions |                               |   |
|---|-------------------------------|---|
| Weight  | Title                         | Description   |
| 1,1   | Data Richness                 | Identifies the completeness of the building Information Model from initially very few pieces of unrelated data to the point of it becoming valuable information and ultimately corporate knowledge about a facility   |
| 1,1   | Life-cycle Views              | Views refer to the phases of the project and identifying how many phases are to be covered by the BIM. One would start as individual stove pipes of information and then begin linking those together and taking advantage of information gathered by the authoritative source of the information. This category has high cost reduction, high value implications based on the elimination of duplicative data gathering. The goal would be to support functions outside the traditional facility management roles, such as first responders. |
| 1,2   | Roles Or Disciplines          | Roles refer to the players involved in the business process and how the information flows. This is also critical to reducing the cost of data re-collection. Disciplines are often involved in more than one view as either a provider or consumer of information. Our goal is to involve both internal and external roles as both providers and consumers of the same information so that data does not have to be re-created and that the authoritative source is the true provider of the information.                                     |
| 1,2   | Change Management             | Change Management identifies a methodology used to change business processes that have been developed by an organization. If a business process is found to be flawed on in need of improvement, one institutes a "root cause analysis" of the problem and then adjusts the business process based on that analysis. Since this is related to the following item, business processes it should come after it.   |
| 1,3   | Business process              | The business process defines how business is accomplished. If the data and information is gathered as part of the business process then data gathering is a no cost requirement. If data is gathered as a separate process then the data will likely not be accurate. The goal is to have data both collected and maintained in a real time environment, so as physical changes are made they are reflected for others to access in their portion of the business process.  |
| 1,3   | Timeliness/ Response          | While some information is more static than other information it all changes and up to the minute accuracy may be critical in emergency situations. The closer to accurate real time information you can be the better quality the decisions that are made. Some of those decisions may be life saving in nature.  |
| 1,4   | Delivery Method               | Data delivery is also critical to success. If data is only available on one machine then sharing can not occur other than by email or hard copy. In a structured networked environment if information is centrally stored or accessible then some sharing will occur. If the model is a systems oriented architecture (SOA) in a web enabled environment the nentcentricity will occur and information will be available in a controlled environment to the appropriate players. Information assurance must be engineered into all phases.    |
| 1,5   | Graphical Information         | Often the starting point is a non-graphical environment. The advent of graphics helps paint a clearer picture for all involved. As standards are applied then information can begin to flow as the provider and receiver must have the same standards in place. As 3D images come into play more consumers of the information will have a common view and a higher level of understanding will occur. As time and cost are added then the interfaces can be expanded significantly.   |
| 1,6   | Spatial Capability            | Understanding where something is in space is significant to many information interfaces and the richness of the information. Energy calculations must know where the heat gains will come from, first responders need to know where water supplies and utility cutoffs are located in relation to the facility.   |
| 1,7   | Information Accuracy          | Having a way to ensure that information remains accurate is only possible through some mathematical ground truth capability. Having a mathematical product will also allow for better management by supporting difficult to game metrics. These numbers can be used for occupancy, information collection completeness and overall inventory calculations.  |
| 1,8   | Interoperability/ IFC Support | Our ultimate goal is to ensure interoperability of information. Getting accurate information to the party requiring the information. There are many ways to achieve this, however the most effective is to use a standards based approach to ensure that information is a form that it can be shared and products are available that can read that standard for of information.   |

Рис. 2. Интерактивная модель зрелости BIM (описания категорий экспертных оценок)



Большинство пользователей полагается на информацию как надежную и официальную. Требуется только малая доля дополнительных проверок.

- Уровень 8. *Completely Authoritative Information*. Вся информация имеет метаданные и официальный статус.
- Уровень 9. *Limited Knowledge Management*. Информация частично взаимоувязана, а для управления ею начинают применяться различные стратегии управления знаниями.
- Уровень 10. *Full Knowledge Management*. Вся информация официально доступна в электронном виде, полностью взаимоувязана, а для работы с ней применяются методы управления знаниями.

■ **B. Life-cycle Views** (Вид жизненного цикла, важность 84%). Характеризует, насколько много этапов жизненного цикла покрывается BIM-системой. Данный критерий очень важен, т.к. более высокий уровень характеризует отсутствие дублирования в сборе данных.

- Уровень 1. *No Complete Project Phase*. Собираемые данные не разделяются по этапам жизненного цикла.
- Уровень 2. *Planning & Design*. Выделяются данные только одного этапа жизненного цикла (обычно это этап планирования или проектирования, но может быть и строительство).
- Уровень 3. *Add Construction/Supply*. Данные собираются для двух этапов жизненного цикла (обычно для проектирования и строительства), при этом данные на этих этапах собираются независимо друг от друга.
- Уровень 4. *Includes Construction/Supply*. Добавляется третий этап жизненного цикла (обычно снабжение ресурсами), но обмена данными между этапами по-прежнему нет.
- Уровень 5. *Includes Constr/Supply & Fabrication*. Появляется четвёртый этап жизненного цикла (обычно монтаж конструкций) и появляются элементы обмена данными между этапами жизненного цикла.
- Уровень 6. *Add Limited Operations & Warranty*. Добавляется новый этап жизненного цикла (гарантийное обслуживание) и появляется ясный обмен информацией между этапами от проектирования до строительства.
- Уровень 7. *Includes Operations & Warranty*. Информация, собранная на ранних стадиях, доступна при строительстве и эксплуатации.
- Уровень 8. *Add Financial*. Поддерживается стоимостная модель. Для этого информация о стоимости привязывается к объектам на всех этапах жизненного цикла. Становятся возможны оценки стоимости строительства и эксплуатации здания в течение всего жизненного цикла.
- Уровень 9. *Full Facility Life-cycle Collection*. Поддерживаются все этапы жизненного цикла, и информация полностью передаётся между этапами.
- Уровень 10. *Supports External Efforts*. Внешняя информация привязывается к модели здания, и становится возможным анализ здания в контексте внешней среды в течение всего жизненного цикла.

■ **C. Roles Or Disciplines** (Должностные обязанности, важность 90%). Роли (должностные функции или обязанности) определяют, каким образом люди вовлечены

в бизнес-процессы и как передаётся информация. Данный критерий оценивает отсутствие повторного создания информации, а также того, что источником официальных данных является их реальный создатель.

- Уровень 1. *No Single Role Fully Supported*. Никакие должностные обязанности не поддерживаются BIM-системой.
- Уровень 2. *Only One Role Supported*. Только одна должностная обязанность поддерживается BIM-системой.
- Уровень 3. *Two Roles Partially Supported*. Не менее двух должностных обязанностей поддерживается BIM-системой, однако для их исполнения требуется применение различных программных продуктов на одном рабочем месте.
- Уровень 4. *Two Roles Fully Supported*. Не менее двух должностных обязанностей поддерживается BIM-системой, и для их исполнения не требуется применения различных программных продуктов на одном рабочем месте.
- Уровень 5. *Partial Plan, Design & Constr Supported*. Все должностные обязанности в рамках планирования и проектирования, а также частично и в рамках строительства, полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 6. *Plan, Design & Construction Supported*. Все должностные обязанности в рамках планирования, проектирования и строительства полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 7. *Partial Ops & Sustainment Supported*. Все должностные обязанности в рамках планирования, проектирования и строительства, а также частично и в рамках эксплуатации, полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 8. *Operations & Sustainment Supported*. Все должностные обязанности в рамках планирования, проектирования, строительства и эксплуатации полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 9. *All Facility Life-Cycle Roles Supported*. Все должностные обязанности в рамках всех этапов жизненного цикла полностью поддерживаются, причём в рамках одной программной системы на одном рабочем месте.
- Уровень 10. *Internal and External Roles Supported*. Все контрактные обязанности внешних исполнителей могут быть полностью исполнены только на основе BIM-системы.

■ **D. Change Management** (Управление изменениями, важность 90%). Управление изменениями — это методология для анализа и изменения бизнес-процессов, принятых в организации. Если в результате применения этой методологии обнаруживается, что бизнес-процесс некорректен, возникает необходимость проведения «анализа корневых причин» проблемы, а затем бизнес-процесс перестраивается на основе этого анализа. После перестройки необходимо проведение анализа проведённых изменений.

- Уровень 1. *No CM Capability*. Нет осознания необходимости в процессе управления изменениями.

| Tabular BIM Capability Maturity Model |  |                                      |   |  |                                       |   |                                   |  |                                       |                                      | 30.05.2006                                    |
|---------------------------------------|--|--------------------------------------|---|--|---------------------------------------|---|-----------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Maturity Level                        | A<br>Data<br>Richness                    | B<br>Life-cycle<br>Views             | C<br>Roles Or<br>Disciplines            | G<br>Change<br>Management  | D<br>Business<br>process              | F<br>Timeliness/<br>Response                    | E<br>Delivery<br>Method           | H<br>Graphical<br>Information          | I<br>Spatial<br>Capability            | J<br>Information<br>Accuracy         | K<br>Interoperability/<br>IFC Support         |
| 1                                     | Basic Core Data                          | No Complete Project Phase            | No Single Role Fully Supported          | No CM Capability   | Separate Processes Not Integrated     | Most Response Info manually re-collected - Slow | Single Point Access No IA         | Primarily Text - No Technical Graphics | Not Spatially Located                 | No Ground Truth                      | No Interoperability                           |
| 2                                     | Expanded Data Set                        | Planning & Design                    | Only One Role Supported                 | Aware of CM  | Few Bus Processes Collect Info        | Most Response Info manually re-collected        | Single Point Access w/ Limited IA | 2D Non-Intelligent As Designed         | Basic Spatial Location                | Initial Ground Truth                 | Forced Interoperability                       |
| 3                                     | Enhanced Data Set                        | Add Construction/ Supply             | Two Roles Partially Supported           | Aware of CM and Root Cause Analysis                                      | Some Bus Process Collect Info         | Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is    | Network Access w/ Basic IA        | NCS 2D Non-Intelligent As Designed     | Spatially Located                     | Limited Ground Truth - Int Spaces    | Limited Interoperability                      |
| 4                                     | Data Plus Some Information               | Includes Construction/ Supply        | Two Roles Fully Supported               | Aware CM, RCA and Feedback   | Most Bus Processes Collect Info       | Limited Response Info Available In BIM          | Network Access w/ Full IA         | NCS 2D Intelligent As Designed         | Located w/ Limited Info Sharing       | Full Ground Truth - Int Spaces       | Limited Info Transfers Between COTS           |
| 5                                     | Data Plus Expanded Information           | Includes Constr/Supply & Fabrication | Partial Plan, Design&Constr Supported   | Implementing CM  | All Business Process(BP) Collect Info | Most Response Info Available In BIM             | Limited Web Enabled Services      | NCS 2D Intelligent As-Built            | Spatially located w/Metadata          | Limited Ground Truth - Int & Ext     | Most Info Transfers Between COTS              |
| 6                                     | Data w/Limited Authoritative Information | Add Limited Operations & Warranty    | Plan, Design & Construction Supported   | Initial CM process implemented   | Few BP Collect & Maintain Info        | All Response Info Available In BIM              | Full Web Enabled Services         | NCS 2D Intelligent And Current         | Spatially located w/Full Info Share   | Full Ground Truth - Int And Ext      | Full Info Transfers Between COTS              |
| 7                                     | Data w/ Mostly Authoritative Information | Includes Operations & Warranty       | Partial Ops & Sustainment Supported     | CM process in place and early implementation                             | Some BP Collect & Maintain Info       | All Response Info From BIM & Timely             | Full Web Enabled Services w/IA    | 3D - Intelligent Graphics              | Part of a limited GIS                 | Limited Comp Areas & Ground Truth    | Limited Info Uses IFC's For Interoperability  |
| 8                                     | Completely Authoritative Information     | Add Financial                        | Operations & Sustainment Supported      | CM and RCA capability implemented  | All BP Collect & Maintain Info        | Limited Real Time Access From BIM               | Web Enabled Services - Secure     | 3D - Current And Intelligent           | Part of a more complete GIS           | Full Computed Areas & Ground Truth   | Expanded Info Uses IFC's For Interoperability |
| 9                                     | Limited Knowledge Management             | Full Facility Life-cycle Collection  | All Facility Life-cycle Roles Supported | Business processes are sustained by CM using RCA and Feedback loops      | Some BP Collect&Maint In Real Time    | Full Real Time Access From BIM                  | Netcentric SOA Based CAC Access   | 4D - Add Time                          | Integrated into a complete GIS        | Comp GT w/Limited Metrics            | Most Info Uses IFC's For Interoperability     |
| 10                                    | Full Knowledge Management                | Supports External Efforts            | Internal and External Roles Supported   | Business processes are routinely sustained by CM, RCA and Feedback loops | All BP Collect&Maint In Real Time     | Real Time Access w/ Live Feeds                  | Netcentric SOA Role Based CAC     | nD - Time & Cost                       | Integrated into GIS w/ Full Info Flow | Computed Ground Truth w/Full Metrics | All Info Uses IFC's For Interoperability      |

Рис. 3. Интерактивная модель зрелости BIM (названия выставляемых экспертных оценок по категориям)

- Уровень 2. *Aware of CM*. Есть осознание необходимости в управлении изменениями, но процесс не начат.
  - Уровень 3. *Aware of CM and Root Cause Analysis*. Есть осознание необходимости в управлении изменениями и проведения «анализа корневых причин».
  - Уровень 4. *Aware CM, RCA and Feedback*. Есть осознание необходимости в управлении изменениями, проведения «анализа корневых причин» и анализа проведённых изменений.
  - Уровень 5. *Implementing CM*. Реализуется начальная стадия управления изменениями.
  - Уровень 6. *Initial CM process implemented*. Реализован процесс анализа бизнес-процессов, но не реализована процедура их изменения.
  - Уровень 7. *CM process in place and early implementation*. Реализован процесс анализа бизнес-процессов, и для некоторых из них проводится «анализ корневых причин».
  - Уровень 8. *CM and RCA capability implemented and being used*. Реализованы процесс анализа бизнес-процессов и «анализ корневых причин». Многие участники процесса выполняют данный процесс, но не все одобряют.
  - Уровень 9. *Business processes are sustained by CM using RCA and Feedback loops*. Реализованы процесс анализа бизнес-процессов и «анализ корневых причин», однако реакция на проблемы обычно превышает 48 часов.
  - Уровень 10. *Business processes are routinely sustained by CM, RCA and Feedback loops*. Реализованы процесс анализа бизнес-процессов и «анализ корневых причин», а реакция на проблемы не превышает 48 часов.
- **E. Business process** (Бизнес-процесс, важность 91%). Определяет, как увязаны бизнес-процессы с обработкой данных. Если данные собираются в рамках бизнес-процесса, то на сбор данных не требуется дополнительных затрат. Если сбор данных является отдельным процессом, то помимо дополнительных затрат данные будут скорее всего неточными. В идеале работа с BIM-данными должна стать частью бизнес-процесса, а изменение данных должно немедленно отражаться для остальных пользователей.
- Уровень 1. *Separate Processes Not Integrated*. Бизнес-процессы не определены и, тем самым, не увязаны с хранением информации в BIM.
  - Уровень 2. *Few Bus Processes Collect Info*. Очень мало бизнес-процессов собирают информацию для BIM в организации.
  - Уровень 3. *Some Bus Process Collect Info*. Много бизнес-процессов собирают информацию для BIM в организации.
  - Уровень 4. *Most Bus Processes Collect Info*. Большая часть бизнес-процессов собирает информацию для BIM в организации.
  - Уровень 5. *All Business Process (BP) Collect Info*. Все бизнес-процессы собирают информацию для BIM в организации.



- Уровень 6. *Few BP Collect & Maintain Info*. Все бизнес-процессы собирают информацию для BIM, но очень немногие способны актуализировать её.
- Уровень 7. *Some BP Collect & Maintain Info*. Все бизнес-процессы собирают информацию для BIM, а также многие способны актуализировать её.
- Уровень 8. *All BP Collect & Maintain Info*. Все бизнес-процессы собирают и актуализируют информацию для BIM.
- Уровень 9. *Some BP Collect&Maint In Real Time*. Все бизнес-процессы собирают информацию для BIM, а также многие немедленно актуализируют её.
- Уровень 10. *All BP Collect&Maint In Real Time*. Все бизнес-процессы собирают и немедленно актуализируют информацию для BIM.

■ **F. Timeliness/Response** (Время выполнения запросов, важность 91%). В том время как часть информации является отчасти статической, другая часть может постоянно меняться, и минимальные задержки с её поступлением могут оказаться критическими. Данный критерий оценивает скорость предоставления информации по запросам.

- Уровень 1. *Most Response Info manually re-collected — Slow*. Информация по запросу должна быть собрана вручную, при этом не всегда ясно, где её взять.
- Уровень 2. *Most Response Info manually re-collected*. Информация по запросу должна быть собрана вручную, но есть понимание, где её взять.
- Уровень 3. *Data Calls Not In BIM But Most Other Data Is*. Основная информация в BIM, но часть отсутствует. В результате выполнения повторяющихся запросов информация помещается в BIM.
- Уровень 4. *Limited Response Info Available In BIM*. Многие запросы находят ответы на основе информации в BIM.
- Уровень 5. *Most Response Info Available In BIM*. Большинство запросов находят ответы на основе информации в BIM.
- Уровень 6. *All Response Info Available In BIM*. Практически вся информация для формирования ответов находится в BIM.
- Уровень 7. *All Response Info From BIM & Timely*. Вся информация для ответа на срочные запросы является достоверной и находится в BIM.
- Уровень 8. *Limited Real Time Access From BIM*. Вся информация в BIM доступна немедленно, хотя может и не отражать актуальное состояние объектов.
- Уровень 9. *Full Real Time Access From BIM*. Вся информация для ответа на срочные запросы является достоверной и немедленно доступна в BIM.
- Уровень 10. *Real Time Access w/ Live Feeds*. Вся информация в BIM непрерывно обновляется на основе данных от датчиков. Ответы на запросы поступают немедленно, доступны и точны.

■ **G. Delivery Method** (Метод доступа, важность 92%). Данный критерий позволяет оценить, насколько просто (но безопасно) получить доступ к данным. Идеальные условия для доступа к данным должны быть предоставлены на различных вычислительных устройствах в сетевцентрической web-среде в архитектуре SOA (Service-Oriented Architecture).

Кроме того, должна быть обеспечена необходимая безопасность доступа к данным.

- Уровень 1. *Single Point Access No IA*. BIM доступен только с одного рабочего места и нет ограничения доступа к данным.
- Уровень 2. *Single Point Access w/Limited IA*. BIM не в сети и имеется контроль доступа к данным.
- Уровень 3. *Network Access w/Basic IA*. BIM развёрнут в сети и установлены базовые ограничения паролями для ввода и получения данных.
- Уровень 4. *Network Access w/Full IA*. BIM развёрнут в сети и установлены ограничения доступа для ввода и получения данных.
- Уровень 5. *Limited Web Enabled Services*. Имеется ограниченный web-доступ к BIM в локальной сети.
- Уровень 6. *Full Web Enabled Services*. Имеется полноценный web-доступ к BIM через интернет с минимальным ограничением доступа к данным.
- Уровень 7. *Full Web Enabled Services w/IA*. Имеется полноценный web-доступ к BIM через интернет с разграничением доступа к данным на основе должностных обязанностей.
- Уровень 8. *Web Enabled Services — Secure*. Имеется полноценный web-доступ к BIM через интернет с надёжным разграничением доступа к данным. Архитектура системы не SOA (сервис-ориентированная).
- Уровень 9. *Netcentric SOA Based CAC Access*. BIM представлен в сетевцентрической web-среде через сервис в архитектуре SOA. Доступ к данным разграничивается картами доступа CAC (Common-Access Card) с ручной настройкой ролей.
- Уровень 10. *Netcentric SOA Role Based CAC*. BIM представлен в сетевцентрической web-среде через сервис в архитектуре SOA. Доступ к данным разграничивается ролевыми картами доступа CAC.

■ **H. Graphical Information** (Графическая информация, важность 93%). Данный критерий оценивает эффективность представления графической информации в виде чертежей.

- Уровень 1. *Primarily Text — No Technical Graphics*. Графики в BIM нет, только текст.
- Уровень 2. *2D Non-Intelligent As Designed*. 2D-чертёж хранится в BIM, но без связи с информацией.
- Уровень 3. *NCS 2D Non-Intelligent As Designed*. 2D-чертёж в стандарте NCS (National CAD Standard, США) хранится в BIM, но он не объектный.
- Уровень 4. *NCS 2D Intelligent As Designed*. Объектный 2D-чертёж в стандарте NCS (National CAD Standard, США) хранится в BIM. Отражает проектное состояние здания.
- Уровень 5. *NCS 2D Intelligent As-Built*. Объектный 2D-чертёж в стандарте NCS (National CAD Standard, США) хранится в BIM. Отражает состояние здания на момент постройки.
- Уровень 6. *NCS 2D Intelligent And Current*. Объектный 2D-чертёж в стандарте NCS (National CAD Standard, США) хранится в BIM. Отражает текущее состояние здания.
- Уровень 7. *3D — Intelligent Graphics*. Чертежи являются 3D-объектами.

- Уровень 8. *3D — Current And Intelligent*. Чертежи являются 3D-объектами, отражающими текущее состояние объекта.
- Уровень 9. *4D — Add Time*. Чертежи являются 3D-объектами, для которых можно увидеть состояние как в прошлом, так и планируемое в будущем.
- Уровень 10. *nD — Time & Cost*. Чертежи являются объектами, для которых имеется информация о времени и стоимости.

■ **I. Spatial Capability** (Пространственные возможности, важность 94%). Данный критерий оценивает возможности по интеграции с геоинформационными системами, что открывает для BIM-среды возможности по комплексной оценке зданий и сооружений в контексте обеспеченности инженерными коммуникациями, охраны окружающей среды, энергоэффективности и пр.

- Уровень 1. *Not Spatially Located*. Сооружение пространственно не привязано с помощью GPS или ГИС.
- Уровень 2. *Basic Spatial Location*. Сооружение пространственно привязано с помощью GPS.
- Уровень 3. *Spatially Located*. Сооружение пространственно привязано, но информация в BIM и ГИС взаимно недоступна.
- Уровень 4. *Located w/ Limited Info Sharing*. Сооружение пространственно привязано, а информация в BIM и ГИС частично взаимно недоступна.
- Уровень 5. *Spatially located w/Metadata*. Сооружение пространственно привязано, а информация в BIM и ГИС практически вся взаимно доступна.
- Уровень 6. *Spatially located w/Full Info Share*. Сооружение пространственно привязано, а информация в BIM и ГИС полностью взаимно доступна.
- Уровень 7. *Part of a limited GIS*. BIM частично интегрирован в ГИС.
- Уровень 8. *Part of a more complete GIS*. Информация из BIM ограничено доступна в ГИС.
- Уровень 9. *Integrated into a complete GIS*. Информация из BIM частично доступна в ГИС, включая некоторые метаданные.
- Уровень 10. *Integrated into GIS w/ Full Info Flow*. Информация из BIM полностью доступна в ГИС, включая все метаданные.

■ **J. Information Accuracy** (Информационная точность, важность 95%). Данный критерий определяет, насколько непротиворечива и правильна модель здания, а также насколько устойчива модель при её изменении параметрически или структурно.

- Уровень 1. *No Ground Truth*. Никаких проверок и оценок достоверности данных не выполняется. Данные загружаются непроверенными вручную или автоматически.
- Уровень 2. *Initial Ground Truth*. Присутствуют простейшие проверки корректности данных.
- Уровень 3. *Limited Ground Truth — Int Spaces*. Пространства (внутри здания и вовне) обмеряются электронным способом (размеры, площади, объёмы). Внутренние пространства не сохраняются в качестве отдельного элемента данных.
- Уровень 4. *Full Ground Truth — Int Spaces*. Пространства внутри здания задаются в модели дан-

ных. Вычисляется некоторая внешняя информация о пространствах.

- Уровень 5. *Limited Ground Truth — Int & Ext*. Многие пространства внутри и вне здания, а также его элементы, представлены в электронном виде, в то же время некоторые элементы вводятся вручную.
- Уровень 6. *Full Ground Truth — Int And Ext*. Все пространства внутри здания и вовне представлены в модели данных.
- Уровень 7. *Limited Comp Areas & Ground Truth*. Автоматически вычисляются все внутренние пространства здания, а также некоторые внешние.
- Уровень 8. *Full Computed Areas & Ground Truth*. Все объекты и пространства вычисляются автоматически и уведомляют всех о своих изменениях. Если объект меняет свою форму, то об этом узнают зависимые объекты и пространства, которые также обновляются.
- Уровень 9. *Comp GT w/Limited Metrics*. Все объекты и пространства вычисляются автоматически. Точность и правильность модели частично контролируется вычисляемыми метриками и целевыми показателями.
- Уровень 10. *Computed Ground Truth w/Full Metrics*. Все объекты и пространства вычисляются автоматически. Точность и правильность модели полностью контролируется вычисляемыми метриками и целевыми показателями.

■ **K. Interoperability/IFC Support** (Интероперабельность/Поддержка IFC, важность 96%). Данный критерий определяет возможности обмена информацией без потерь между стандартными приложениями по стандартным протоколам обмена данными.

- Уровень 1. *No Interoperability*. Обмен информацией между программами нет. Данные вводятся независимо в каждую программу.
- Уровень 2. *Forced Interoperability*. Обмен информацией между программами очень ограничен и никак не автоматизирован. Типичный способ обмена данными — копирование и вставка текстовой информации.
- Уровень 3. *Limited Interoperability*. Очень малая часть информации передаётся между программами по закрытым протоколам и форматам обмена данными.
- Уровень 4. *Limited Info Transfers Between COTS*. Часть информации передаётся между коммерческими коробочными продуктами одного производителя по закрытым протоколам и форматам обмена данными.
- Уровень 5. *Most Info Transfers Between COTS*. Большинство информации передаётся между коммерческими коробочными продуктами обычно одного производителя, но не все программы ещё поддерживаются (участвуют в обмене).
- Уровень 6. *Full Info Transfers Between COTS*. Вся информация передаётся между коммерческими коробочными продуктами.
- Уровень 7. *Limited Info Uses IFC's For Interoperability*. Некоторые программные продукты используют стандарты IFC для обмена данными.
- Уровень 8. *Expanded Info Uses IFC's For Interoperability*. Большая часть программных продуктов используют стандарты IFC для обмена данными.
- Уровень 9. *Most Info Uses IFC's For Interoperability*. Большинство программных продуктов используют



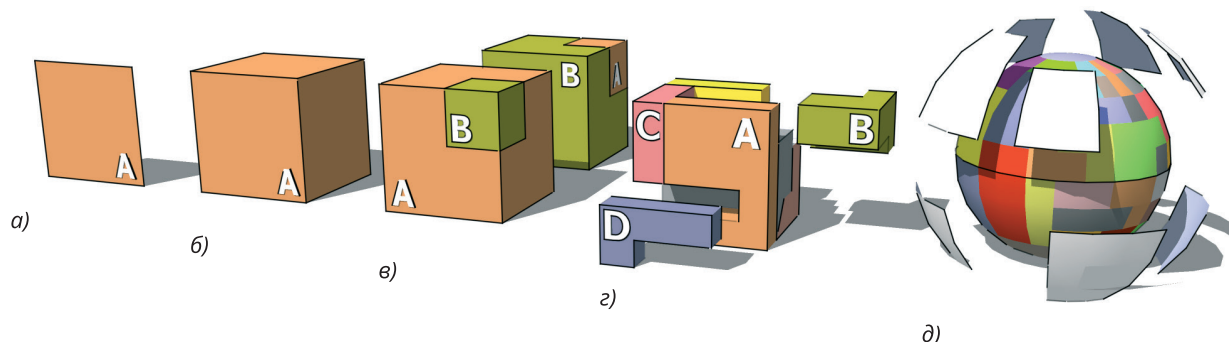


Рис. 4. Стадии развития BIM: а) Pre-BIM, б) BIM Stage 1, в) BIM Stage 2, г) BIM Stage 3, д) IPD

стандарты IFC для обмена данными (доля 70–90% в общем потоке данных).

- Уровень 10. *All Info Uses IFC's For Interoperability*. Все программные продукты используют только стандарты IFC для обмена данными.

В результате оценки каждого критерия экспертом выставляется оценка от 1 до 10, которая затем умножается на весовой коэффициент (важность, представленную в процентах). Сумма весовых коэффициентов всех 11 критериев, представленных в модели, составляет 1000%. Поэтому получаемый итоговый результат лежит в диапазоне от 10 до 100 баллов. В зависимости от этого результата и определяется итоговый уровень зрелости BIM:

1. Уровень зрелости **Minimum BIM** требует не менее 50 баллов с 2009 г. (ранее был переходный период сертификации BIM, когда в 2008 г. требовалось для этого уровня набрать 40 баллов, а в 2007 г. — только 30 баллов).

2. Уровень зрелости **Certified** требует не менее 60 баллов.

3. Уровень зрелости **Silver** требует не менее 70 баллов.

4. Уровень зрелости **Gold** требует не менее 80 баллов.

5. Уровень зрелости **Premium** требует не менее 90 баллов.

Помимо I-CMM в настоящее время в разных стандартах могут использоваться и иные методологии. В частности, отметим достаточно популярную работу [4], где уровни зрелости называ-

ны стадиями развития BIM и представлены следующим образом:

1. **Pre-BIM**. Плоские чертежи (рис. 4а).

2. **BIM Stage 1: modelling**. Моделирование отдельных объектов (рис. 4б). Примерно соответствует уровню зрелости Minimum BIM.

3. **BIM Stage 2: collaboration**. Совместная работа в единой модели (рис. 4в). Примерно соответствует уровню зрелости Silver.

4. **BIM Stage 3: integration**. Сетевая интеграция всех данных (рис. 4г). Примерно соответствует уровню зрелости Premium.

5. **IPD** (иногда **iBIM**). Технология Integrated Project Delivery представляет собой более высокий уровень информационного моделирования

Таблица 1. Экспертная грубая оптимистичная оценка уровня зрелости BIM в России.

| Критерий оценки               | Вес, % | ОУДХ Росавтодора | ГК Автодор   | Территориальные ОУДХ | Проектные организации | Строительные организации | Эксплуатирующие организации |
|-------------------------------|--------|------------------|--------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Data Richness                 | 84%    | 5                | 6            | 4                    | 5                     | 1                        | 1                           |
| Life-cycle Views              | 84%    | 5                | 6            | 5                    | 2                     | 2                        | 1                           |
| Roles Or Disciplines          | 90%    | 4                | 4            | 4                    | 3                     | 1                        | 1                           |
| Change Management             | 90%    | 1                | 1            | 1                    | 1                     | 1                        | 1                           |
| Business process              | 91%    | 3                | 3            | 3                    | 4                     | 1                        | 1                           |
| Timeliness/ Response          | 91%    | 4                | 5            | 3                    | 5                     | 2                        | 2                           |
| Delivery Method               | 92%    | 7                | 5            | 4                    | 3                     | 2                        | 2                           |
| Graphical Information         | 93%    | 7                | 7            | 6                    | 7                     | 2                        | 1                           |
| Spatial Capability            | 94%    | 7                | 8            | 6                    | 8                     | 3                        | 1                           |
| Information Accuracy          | 95%    | 3                | 3            | 3                    | 7                     | 1                        | 1                           |
| Interoperability/ IFC Support | 96%    | 4                | 4            | 3                    | 7                     | 2                        | 1                           |
| <b>Итого:</b>                 |        | <b>45,49</b>     | <b>47,18</b> | <b>38,15</b>         | <b>47,83</b>          | <b>16,44</b>             | <b>11,83</b>                |

и управления проектами, выходящий за рамки отдельного здания (рис. 4д).

### 3. Оценка дорожной отрасли России с позиций зрелости BIM

Методология I-CMM достаточно удобна для применения и, по сути,

представляет собой дорожную карту, по которой необходимо двигаться в организациях для достижения высокого уровня зрелости BIM. Каждая организация, которая хочет повысить свою компетентность и уровень конкурентоспособности на рынке, просто должна повышать свои оценки по

каждому из 11 имеющихся в модели критериев.

В то же время методология оценки зрелости BIM I-CMM недостаточно адаптирована для дорожной отрасли. Некоторые критерии существенно связаны на управление зданиями, а не автомобильными дорогами (особенно

Таблица 2. Программные продукты, сертифицированные или проходящие сертификацию консорциумом buildingSMART на возможность интероперабельности между BIM-системами по состоянию на сентябрь 2014 г.

| Компания-разработчик                 | Программный продукт                | Требования по обмену данными |                  |                     | Дата получения сертификата |               |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------|---------------------|----------------------------|---------------|
|                                      |                                    | Arch <sup>1</sup>            | MEP <sup>2</sup> | Struct <sup>3</sup> | Импорт                     | Экспорт       |
| 4Projects Ltd.                       | 4Projects                          | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |
| Aconex BIM Cloud                     | Aconex                             | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |
| Archimen                             | Active3D                           | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |
| Autodesk                             | Advanced Steel                     | –                            | –                | +                   | –                          | В процессе... |
| Autodesk                             | AutoCAD Architecture               | +                            | –                | –                   | В процессе...              | В процессе... |
| Autodesk                             | AutoCAD MEP                        | –                            | +                | –                   | –                          | В процессе... |
| Autodesk                             | Revit Architecture                 | +                            | –                | –                   | В процессе...              | 16.04.2013    |
| Autodesk                             | Revit MEP                          | –                            | +                | –                   | В процессе...              | 11.07.2013    |
| Autodesk                             | Revit Structure                    | –                            | –                | +                   | В процессе...              | 16.04.2013    |
| Autodesk                             | Revit LT                           | +                            | –                | –                   | В процессе...              | 07.07.2014    |
| Bentley Systems                      | AECOsim Building Designer          | +                            | +                | +                   | В процессе...              | В процессе... |
| Cad-Quality                          | CADIE Sähkökä                      | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |
| DICAD Systeme GmbH                   | STRAKON                            | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |
| Data Design System                   | DDS-CAD MEP                        | –                            | +                | –                   | –                          | В процессе... |
| Design Data                          | SDS/2                              | –                            | –                | +                   | В процессе...              | В процессе... |
| Dlubal Software GmbH                 | RFEM/RSTAB                         | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |
| ETU Software GmbH                    | HottCAD 4                          | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |
| FirstInVision                        | CasCADos / P3cad                   | +                            | –                | –                   | В процессе...              | В процессе... |
| Gehry Technologies                   | Digital Project                    | +                            | –                | –                   | В процессе...              | В процессе... |
| Graphisoft                           | ArchiCAD                           | +                            | –                | –                   | 20.09.2013                 | 16.04.2013    |
| International Training Institute ITI | Benchmark                          | –                            | +                | –                   | –                          | В процессе... |
| Kymdata Oy                           | CADS Planner                       | –                            | +                | –                   | –                          | В процессе... |
| NEMETSCHek Allplan                   | Allplan                            | +                            | –                | –                   | 07.05.2014                 | 16.04.2013    |
| NEMETSCHek BIM+                      | BIM+                               | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |
| NEMETSCHek Vectorworks, Inc.         | Vectorworks                        | +                            | –                | –                   | 11.11.2013                 | 30.05.2013    |
| NEMETSCHek Scia                      | Scia Engineer                      | –                            | –                | +                   | 17.09.2013                 | 16.04.2013    |
| Plancal S&E GmbH                     | nova                               | –                            | +                | –                   | В процессе...              | В процессе... |
| Progman                              | MagiCad                            | –                            | +                | –                   | –                          | В процессе... |
| RIB                                  | Arriba CA3D                        | +                            | –                | –                   | –                          | В процессе... |
| RIB                                  | RIB iTWO                           | +                            | +                | +                   | 07.09.2013                 | –             |
| Seokyoung Systems                    | NaviTouch                          | +                            | +                | +                   | 13.01.2014                 | –             |
| Solibri                              | Solibri Model Checker              | +                            | +                | +                   | 30.10.2013                 | –             |
| Solideo Systems                      | ArchiBIM Server                    | +                            | +                | +                   | 22.04.2014                 | –             |
| Tekla                                | Tekla Structures                   | –                            | –                | +                   | 09.10.2013                 | 12.06.2013    |
| think project!                       | think project! Collaboration cloud | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |
| VIZELIA                              | Facility on line                   | +                            | +                | +                   | В процессе...              | –             |

<sup>1</sup> Arch — набор требований по обмену архитектурной информацией о здании.

<sup>2</sup> MEP — набор требований по обмену информацией об инженерных коммуникациях в здании.

<sup>3</sup> Struct — набор требований по обмену конструктивно-прочностной информацией о здании.



3 категории: вид жизненного цикла, информационная точность, интероперабельности). Именно поэтому необходимо разработать собственный набор критериев. Тем не менее, понимая суть этих критериев (иной жизненный цикл для дорог; понятие информационной точности как параметрической согласованности трёхмерной модели дороги; интероперабельность как обмен данными между программами по сложившимся отраслевым стандартам), такие оценки для автомобильных дорог выполнять можно. В связи с этим автором был проведён опрос специалистов в области проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, которые оценили уровень зрелости BIM в российском дорожном хозяйстве, исходя из опыта работы в своей организации и во взаимодействии с заказчиком. Тем самым была получена следующая очень оптимистичная оценка текущего уровня зрелости технологии BIM в средней отечественной организации (таблица 1). Эксперты пояснили, что отдельные достаточно высокие оценки поставлены Росавтодору и ГК «Автодор» как организациям, успешно внедряющим целый спектр технологий для управления жизненным циклом дороги [1, 5, 6]: ГИС, САПР, лазерное сканирование, проектное управление. Высокие оценки проектных организаций эксперты дали благодаря достаточно высокому уровню используемых САПР автомобильных дорог.

Как видно, все организации не достигают даже уровня Minimum BIM. И это при том, что большинство оценок существенно завышены, так как оценивают работу организации только в рамках её контрактных обязательств, а не всего жизненного цикла автомобильной дороги. В будущем необходимо будет создать формальную методику оценки зрелости BIM в дорожной отрасли России, и тогда можно будет проводить сертификацию организационно-технических процессов в организациях на соответствие BIM автомобильных дорог.

Разрабатываемый в настоящее время «Проект плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства» (во исполнение Протокола №2 заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации

по модернизации экономики и инновационному развитию от 4 марта 2014 г. [7]) является чрезвычайно оптимистичным с точки зрения вводимых контрольных показателей. Например, предполагается, что уже к 2019 г. 75% отечественных компаний, входящих в состав Национального объединения строителей и Национального объединения проектировщиков, будут использовать технологии информационного моделирования, а 50% всех проектов, прошедших государственную экспертизу, будут выполнены в BIM. Кроме того, уже к 2018 г. предполагается снижение на 20% затрат на проектирование объектов и на 35% — на их эксплуатацию.

Если же учитывать, что только с 2018 г. должны начать создаваться проекты на отечественной технологической платформе BIM (5% в 2018 г., 25% в 2019 г.), то это означает, что во многих секторах рынка программно-го обеспечения в ближайшее время должно произойти перераспределение рынка в пользу западных программных продуктов. Например, в дорожной отрасли в области САПР сейчас сложилась очень серьёзная конкурентная среда, где не менее половины рынка контролируется отечественными продуктами CREDO Дороги («Кредо-Диалог», Беларусь), Топоматик Robur («Топоматик», Санкт-Петербург), IndorCAD/Road («ИндорСофт», Томск). Отсутствие сертификата BIM приведёт к формализму. Кстати, сертификатов BIM в области дорожного строительства сейчас нет нигде в мире, так как всё ещё не определены предъявляемые требования!

Для понимания этого достаточно взглянуть на таблицу 2, где представлены сертифицированные международным консорциумом buildingSMART программные продукты. Главная разработка этого консорциума — стандарт IFC (Industry Foundation Classes). Самая последняя версия этого стандарта — IFC 4 — была выпущена в марте 2013 г., однако в настоящее время (сентябрь 2014 г.) ни один программный продукт ещё не прошёл сертификацию на соответствие этому стандарту. Как следует из информации на официальном сайте консорциума buildingSMART в настоящее время стандарту IFC 2x3 сертифицированы 13 систем от 8 компаний.

Кроме того, ещё 23 продукта заявлены к сертификации.

В заключение отметим, что есть и ещё более фундаментальные проблемы, мешающие скоропалительному внедрению «Плана...». Дело в том, что отечественная нормативно-техническая база длительное время со времён СССР находилась в застое и не отражает в настоящее время тех многих принципиальных нововведений, которые появились в мире. В первую очередь, это касается вопросов автоматизации и управления проектами. По сути, в мире сменился целый технологический уклад, а мы по-прежнему пишем дорожную нормативную базу для инженеров-проектировщиков, а не для программистов! Эта формулировка приведена не для красного словца — она полностью отражает суть BIM, требующую автоматического принятия управленческих решений не инженером, а компьютером! Это позволяет освободить инженера от огромного количества рутинных операций и дать большую свободу для творчества.

Требование внедрения BIM в дорожной отрасли потребует всеобщей адаптации технической базы. Здесь нельзя действовать сгоряча, и реалистично на это потребуется не менее 10 лет. ■

#### Литература:

1. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 8–11.
2. Yin, R.K. Case study Research, Second Edition. California: Sage Publications. 1994.
3. National Building Information Modelling Standard. National Institute of Building Sciences, buildingSMARTalliance. 2007. 182 P.
4. Succar B. Building Information Modeling Framework: A Research and Delivery Foundation for Industry Stakeholders // Automation in Construction. 2009. Vol. 18 (3). P. 357–375.
5. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 6–9.
6. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1–7.
7. Протокол №2 заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию от 4 марта 2014 г.



# Нормативно-техническое обеспечение ВМ автомобильных дорог

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

*В мире примерно с 2010 г. начал формироваться шестой технологический уклад мировой экономики, а дорожная нормативно-техническая база всё ещё соответствует только четвёртому укладу. В статье обсуждаются шаги, необходимые для приведения процесса управления автомобильными дорогами в соответствие с требованиями уже завершённого пятого уклада (основанного на электронике, вычислительной технике, телекоммуникациях и информационных технологиях) и подготовиться к шестому (основанному на нано-, био-, IT-технологиях и их конвергенции).*



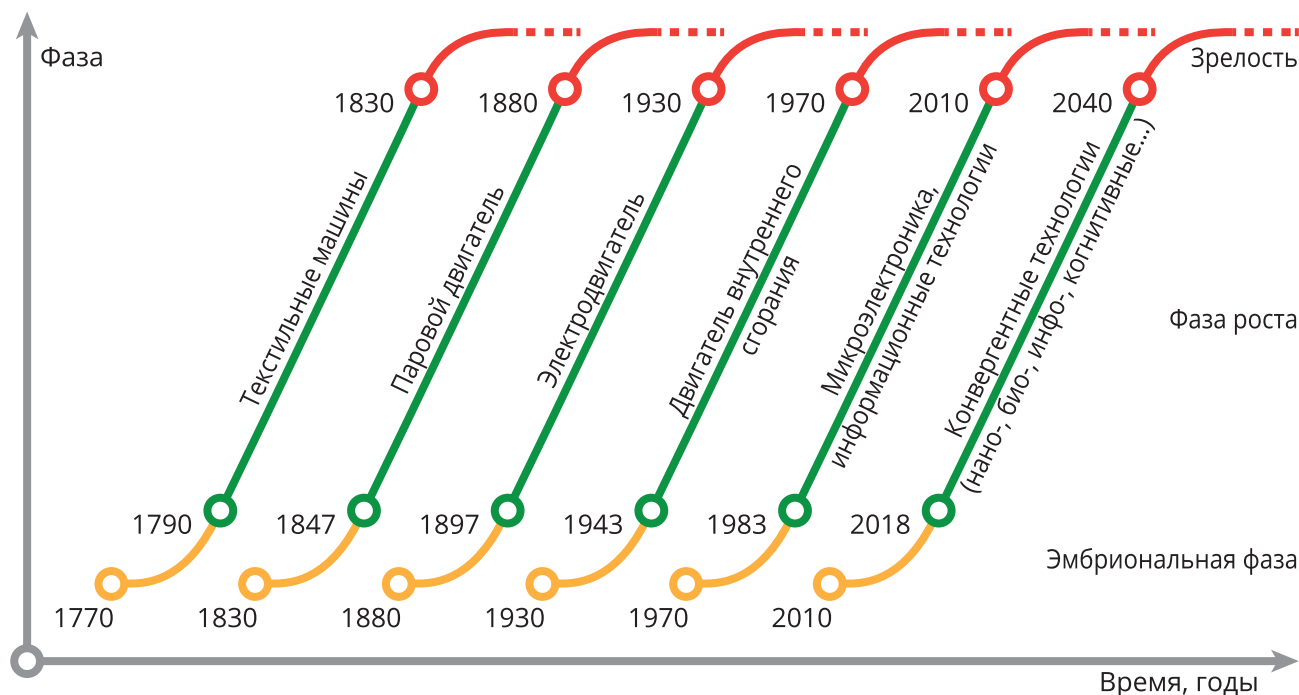


Рис. 1. Технологические уклады мировой экономики

## 1. Стандартизация как отражение технологического уклада мировой экономики

Стандартизация как процесс имеет важную функцию **«содействия здоровой конкуренции»**. Но это совершенно не означает, что стандарты должны быть очень свободными и необязательными к выполнению. Наоборот, в дорожных стандартах должно быть закреплено самое современное состояние научного понимания процесса управления автомобильными дорогами, самые современные практики проектирования, строительства и эксплуатации. А конкурировать нужно, опираясь на современные инструменты.

В последние годы в Российской Федерации активно идёт ревизия нормативно-технической базы, применяемая для проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог. Хотелось бы обсудить, в каком направлении она идёт и какова стратегическая цель.

К сожалению, после развала Советского Союза дорожная отрасль, как и другие, длительное время не могла уделять внимание нормотворчеству, и поэтому во многом состояние нормативно-технической базы сейчас соответствует идеологическому пониманию и состоянию 60–80-х годов

20 века. При этом в мировой экономике за это время появился **пятый технологический уклад** и начал формироваться **шестой** [1] (рис. 1).

Основой *пятого технологического уклада* (1970–2010 гг.), помимо прочего, являлись такие технологии как электроника, вычислительная техника, телекоммуникации и информационные технологии. В дорожном хозяйстве это позволило автоматизировать отдельные процессы проектирования (появились САПР автомобильных дорог), строительства (системы управления строительной техникой) и эксплуатации (ГИС автомобильных дорог), созданы интеллектуальные транспортные системы (ИТС).

Основой *шестого технологического уклада* (который начался в 2010 г. и предположительно будет сформирован к 2020 г.) должно стать конвергентное применение различных современных технологий (электроники, информационных, нано-, био-, когнитивных, гуманитарных и пр.). В дорожной отрасли шестой технологический уклад сейчас формируется в виде совокупности бизнес-методов управления дорогой в течение всего жизненного цикла на основе информационных технологий (информационное моделирование автомобильных дорог) и концепции «умной дороги» (Smart Highway).

В нашей стране сейчас практически нет производственных сил шестого технологического уклада, а пятого уклада — только около 10%. В то же время в США (как в мировом экономическом лидере) доля шестого уклада составляет 5%, а пятого — более 60%.

Нашей стране необходимо стремительно «перепрыгнуть» через пятый технологический уклад и войти в шестой. Одним из имеющихся у государства рычагов для решения данной задачи является стандартизация. К сожалению, сейчас отечественная нормативно-техническая база крайне слабо ориентирована на автоматизацию отраслевых бизнес-процессов. Небольшим исключением являются стандарты в области интеллектуальных транспортных систем (ИТС), которые во многом основаны на современных международных стандартах.

Именно поэтому в Российской Федерации крайне актуально провести ревизию нормативно-технической базы не с позиций конъюнктурных требований, а системно, приведя всю базу в соответствие с требованиям пятого технологического уклада мировой экономики и заложив необходимый резерв развития.

Читателю здесь может показаться, что приведённые автором размышления о технологических укладах имеют слабое отношение к заявленной в заголовке статье BIM-технологиях. Но

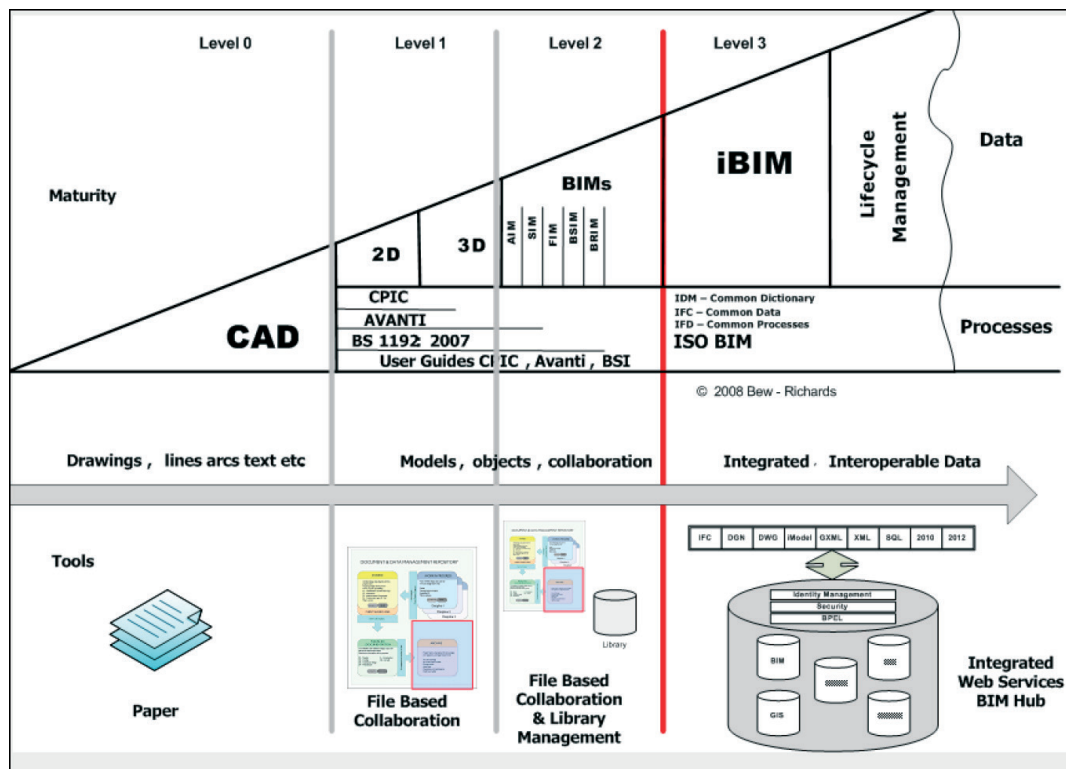


Рис. 2. Уровни зрелости BIM в модели «Bew-Richards Wedge 2008»

тут прослеживается очень интересная аналогия современного взгляда на BIM с теорией экономических циклов и технологическими укладами в научно-техническом прогрессе.

Попытки формализовать понятие BIM привели к появлению так называемых моделей зрелости BIM, с помощью которых можно оценить, соответствуют ли используемые технологии BIM-требованиям, а также выстроить вектор совершенствования технических, технологических и организационных процессов в организации.

Одна из таких наиболее популярных моделей — Interactive BIM Capability Maturity Model (I-CMM) — разработана и принята в стандарте National BIM Standard (США) [2]. Эта модель построена конструктивно и позволяет при необходимости сразу же понять, какие шаги нужно предпринять для повышения уровня зрелости BIM в организации. В работе [3] рассмотрено, как эта модель может быть применена в дорожном хозяйстве Российской Федерации.

Другая популярная модель зрелости BIM предложена Mervyn Richards и Mark Bew в 2008 г. и представлена, например, в [4]. Эта модель обычно называется «Bew-Richards Wedge 2008» («Клин Бью-Ричардса, 2008»). Модель имеет 4 уровня зрелости от 0 до 3 и представляется графически в виде клина, показывающего рост возможностей BIM-систем при увеличении уровня (рис. 2). Что интересно, авторы модели описывают уровни 0–2 как **автоматизированные** информационные технологии в пределах отдельных задач и направлений (максимум, это

комплексные модели — отдельные BIM'ы, когда ещё нет конвергентности от взаимного проникновения моделей — архитектурных, конструктивных, сетевых, экологических и пр.), которые развивались в течение всего пятого технологического уклада. А вот уровень 3 BIM — это уже инструмент **автоматического** принятия решений в разнородной среде, включающей как внутренние модели зданий и сооружений, так и многочисленные внешние. Именно сейчас в современные стандарты BIM как обязательные вносят требования по взаимодействию с окружающей средой (экология), энергоэффективности, устойчивости в жизненном цикле региона и пр. А ведь это и есть одно из ключевых отличий пятого и шестого технологического укладов. Возможно поэтому в модели Бью-Ричардса между 2-м и 3-м уровнем проведена некая красная черта.

Именно сейчас, когда государство ставит перед собой задачу ускоренной модернизации, а также решает отдельные задачи по комплексному переходу на BIM-технологии в строительстве (в том числе и в дорожном), необходимо со стороны дорожной науки предложить шаги по улучшению сложившейся нормативно-технической базы, учитывая условия начинающегося шестого технологического уклада.

В настоящей статье хотелось бы предложить конкретные шаги, направленные на совершенствование отечественной нормативно-технической базы с позиций её применения для проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог совместно с автомати-



зированными системами и технологиями класса САПР, ГИС и BIM. Для этого нормативную базу необходимо адаптировать с целью возможности автоматизации требований и методик, заложенных в руководящих документах.

## 2. Проблемы применения стандартов

На первый взгляд, отечественная нормативная база имеет вполне стройную структуру, а имеющиеся требования по применению вполне чёткие. И действительно, большинство инженеров-дорожников без особых проблем применяют стандарты в своей работе. При этом компьютер выступает зачастую в роли калькулятора, помогающего просчитать те или иные узкие моменты. Подчёркнём, что инженер сам выстраивает весь процесс проектирования от начала до конца, а компьютер помогает автоматизировать решать отдельные узкие задачи.

Одним же из ключевых признаков BIM является наличие единой параметрической модели всего объекта строительства, что предполагает возможность изменения исходных данных и последующее полное автоматическое перестроение проекта как параметрически, так и структурно. Именно поэтому для успешного внедрения BIM необходимо также посмотреть на стандарты с позиций их **автоматического** применения.

### 2.1. Неполнота классификаций

Для примера возьмём свод правил СП 34.13330.2012 [5]. В нём используется термин «Рельеф местности», в зависимости от которого принимаются те или иные требования. Судя по СП 34.13330.2012, бывают следующие варианты «рельефа местности» (рис. 3):

- «**Равнинный**» (п. 5.23 и табл. 5.13).
- «**Пересечённый**» (пп. 5.23, 5.38 и табл. 5.13, 5.20).
- «**Горный**» (п. 5.23 и табл. 5.13).
- «**Трудные участки горной местности**» (пп. 3.25, 5.1, 5.11, 5.29, табл. 5.1).
- «Трудные участки пересечённой местности» (пп. 3.26, 5.1, табл. 5.1).
- «Трудные участки холмистого рельефа» (п. 5.18).
- «Особо трудные участки горной местности» (пп. 5.4, 5.21).
- «Особо трудные участки по усло-

5.1 Расчетные скорости движения для определения параметров плана, продольного и поперечного профилей, а также других параметров, зависящих от скорости движения принимают по таблице 5.

Т а б л и ц а 5.1

| Категория дороги | Расчетные скорости, км/ч |   |        |
|------------------|--------------------------|---|--------|
|                  | Основные                 | Допускаемые на трудных участках местности |        |
|                  |                          | пересеченной                              | горной |
| IA               | 150                      | 120                                       | 80     |
| IB               | 120                      | 100                                       | 60     |
| IV               | 100                      | 80  | 60     |
| II               | 120                      | 100                                       | 60     |
| III              | 100                      | 80  | 50     |
| IV               | 80                       | 60  | 40     |
| V                | 60                       | 40  | 30     |

5.23 Число полос движения на дорогах категории I устанавливают в зависимости от интенсивности движения и рельефа местности по таблице 5.13.

Т а б л и ц а 5.13

| Рельеф местности         | Интенсивность движения, приведенных ед./сут | Число полос движения |
|--------------------------|---|----------------------|
| Равнинный и пересеченный | Св. 14000 до 40000                          | 4                    |
|                          | » 40000 » 80000                             | 6                    |
|                          | » 80000                                     | 8                    |
| Горный                   | Св. 14000 до 34000                          | 4                    |
|                          | » 34000 » 70000                             | 6                    |
|                          | » 70000                                     | 8                    |

Дополнительный продольный уклон наружной кромки проезжей части по отношению к проектному продольному уклону на участках отгона виража принимают по таблице 5.18.

Т а б л и ц а 5.18

| Категория дороги | Тип местности         | Уклон, ‰ |
|------------------|-----------------------|----------|
| I и II           | Любой                 | 5        |
| III–V            | В равнинной местности | 10       |
| III–V            | В горной местности    | 20       |

5.38 Длину прямых в плане следует ограничивать согласно таблице 5.20.

Т а б л и ц а 5.20

| Категория дороги | Предельная длина прямой в плане, м, на местности |              |
|------------------|--|--------------|
|                  | равнинной  | пересеченной |
| I                | 3500–5000  | 2000–3000    |
| II, III          | 2000–3500  | 1500–2000    |
| IV, V            | 1500–2000  | 1500         |

Рис. 3. Фрагменты таблиц свода правил СП 34.13330.2012 с разными вариантами рельефа местности

виям застройки или рельефа местности» (п. 5.33).

В то же время из свода правил не ясно, является ли «холмистый» рельеф «пересечённым» или «горным». Без этого нельзя применять, например, таблицу 5.13. Возможно, опытный проектировщик, исходя из своего опыта, сможет подобрать соответствующее значение из этих таблиц, однако это совершенно некорректно с точки зрения автоматического применения этих таблиц в САПР.

**ВЫВОД:** Свод правил СП 34.13330.2012 необходимо дополнить классификацией типов местности с чётким

определением различных вариантов («равнинный», «пересечённый», «горный», и, возможно, с подвариантом «трудные участки»). Кроме того, желательно сразу указать машинное кодирование этих вариантов, например, «1 = равнинный», «2 = пересечённый», «3 = горный».

### 2.2. Неоднозначность применения классификаций

В продолжение примера с рельефом местности отметим, что в СП 34.13330.2012 при применении таблиц 5.18 и 5.20 непонятно, как учиты-

Таблица 2 — Длина участков с уменьшенными продольными уклонами

| Рельеф местности           | Продольный уклон, ‰                            |      |     |     |     |     |
|----------------------------|--|------|-----|-----|-----|-----|
|                            | 40   | 50   | 60  | 70  | 80  | 90  |
|                            | Предельная длина участка с затяжным уклоном, м |      |     |     |     |     |
| Равнинный и слабохолмистый | 600  | 400  | 300 | 250 | 200 | 150 |
| Сильно пересеченный        | 1500   | 1200 | 700 | 500 | 400 | 350 |

Рис. 4. Фрагменты таблицы ГОСТ Р 52399–2005 с вариантами рельефа местности

вать «пересечённый» рельеф, т.к. там предусмотрен только «равнинный» и «горный». В случае таблицы 5.20 ещё можно возразить, что в горных условиях длинные прямые в плане невозможны, однако САПР в любом случае должна как-то работать при любых исходных данных (в т.ч. для горного рельефа с длинной прямой в плане).

**ВЫВОД:** Все таблицы и графики в нормативных документах должны иметь в качестве аргумента все значения, возможные в соответствующем классификаторе. В случае СП 34.13330.2012 таблицу 5.18 необходимо дополнить строкой с «пересечённым» рельефом, а 5.20 — «горным».

### 2.3. Отсутствие классификации и несоответствие смежным стандартам

Выше мы для анализа взяли свод правил СП 34.13330.2012. Но если взять другие свежие документы, например, ГОСТ Р 52399–2005 Геометрические элементы автомобильных дорог [6], то там — в п.4.3 в таблице 2 также присутствует понятие «Рельеф местности», которое принимает два возможных значения, которые не соответствуют СП 34.13330.2012 (рис. 4):

- «Равнинный и слабохолмистый» (табл. 2).
- «Сильнопересечённый» (табл. 2).

Ещё один пример из СП 34.13330.2012 связан с классификацией грунтов. В приложении В дана обширная классификация типов местности и грунтов. Однако единой классификации типов грунтов нет! Есть классификация глинистых грунтов (табл. В.2), по степени засоления, по степени набухания и пр., но нет самих грунтов. Вроде бы СП 34.13330.2012 ссылается на ГОСТ 25100–95 [7], где дана детальная классификация грунтов, однако

она несколько отличается, в частности (рис. 5):

- **Дополнительные подтипы грунтов в СП:** табл. В.2 в СП и табл. Б.17 в ГОСТ.
- Разные значения параметра классификации по засолённости: табл. В.3 в СП и табл. Б.26 в ГОСТ.
- Разные критерии классификации по степени набухания: табл. В.4 в СП и табл. Б.20 в ГОСТ.
- Разные критерии классификации по степени просадочности: табл. В.5, В.10 в СП и табл. Б.21 в ГОСТ.
- Разные значения параметра классификации по пучинистости: табл. В.6 в СП и табл. Б.27 в ГОСТ.

Можно возразить, что в инженерной геологии нет подходящей единой классификации типов грунтов, есть только отдельные классификации по различным параметрам. Однако де-факто такая классификация есть, и она неявно представлена в СП 34.13330.2012 как аргумент к таблицам 7.2, 7.7 (песок, супесь, суглинок, глина), 7.4 (глыбы, крупнообломочные породы, песок, глина, лёсс), В.14 (песок, супесь, суглинок, глина, лёсс). Проектировщик может самостоятельно обратиться к этим таблицам и взять необходимое значение из таблиц, но с точки зрения САПР более продуктивным является автоматический выбор значения из таблицы при заданном типе грунта.

**ВЫВОД:** Свод правил СП 34.13330.2012 необходимо дополнить классификацией типов грунтов с точки зрения требований таблиц 7.2, 7.4, 7.7, В.14 (песок, супесь, суглинок, глина с соответствующими подтипами). Кроме того, желательно сразу указать машинное кодирование этих вариантов, например, «1 = песок», «2 = супесь», «3 = суглинок», «4 = глина».

### 2.4. Использование графиков и номограмм вместо формул и таблиц

Многие графики и номограммы возникли как результаты экспериментальных исследований. Например, в ОДН 218.046–01 Проектирование нежестких дорожных одежд [8] представлено 20 графиков и номограмм. Некоторые из этих номограмм весьма замысловаты, некоторые крайне просты и могут быть легко аппроксимированы кубическими и даже линейными функциями (рис. 6, примеры рисунков 5.1 и 5.2 из ОДН). В действительности, даже приведённый на рис. 6 пример рисунка 3.1 из ОДН может быть аппроксимирован всего одним достаточным простым семейством кубических функций.

А как реализовать в САПР применение графиков и номограмм? В самом простом случае можно предложить пользователю самостоятельно сделать выбор значения по номограмме и вручную ввести в программу. Но это будет уже не САПР. Именно поэтому создатели САПР вынуждены самостоятельно разрабатывать свои семейства функций, аппроксимирующих эти графики и номограммы.

Например, вышеупомянутый ОДН 218.046–01 реализован во всех основных программах расчётов дорожных одежд, используемых в России: IndorPavement («ИндорСофт», Томск), Топоматик Robur — Дорожная одежда («Топоматик», Санкт-Петербург) и CREDO РАДОН RU («Кредо-Диалог», Беларусь). Все эти программы имеют свои собственные семейства аппроксимирующих функций, поэтому нет ничего удивительного, что вычисления значений по номограммам дают слегка разные результаты (например, во второй или третьей значащей цифре). Как следствие, столь малое отклонение всего в одной цифре в последующих расчётах может привести к необходимости увеличения толщины отдельных слоёв дорожной одежды или даже добавления новых слоёв. Всего из-за одной цифры расчёт на сдвигустойчивость в одной программе может пройти успешно, но не пройти в другой, и наоборот. И это не теория. На это обращают внимание многие пользователи. Особенно неприятные ситуации могут возникать при государственной экспертизе проектных решений, если расчёт до-



Т а б л и ц а В.2 – Типы и подтипы глинистых грунтов

| Грунты   |                   | Показатели                             |                          |
|----------|-------------------|--|--------------------------|
| Типы     | Подтипы           | Содержание песчаных частиц, % по массе | Число пластичности $I_p$ |
| Супесь   | Легкая крупная    | Св. 50                                 | 1 - 7                    |
|          | Легкая            | » 50                                   | 1 - 7                    |
|          | Пылеватая         | 50 - 20                                | 1 - 7                    |
|          | Тяжелая пылеватая | Менее 20                               | 1 - 7                    |
| Суглинок | Легкий            | Св. 40                                 | 7 - 12                   |
|          | Легкий пылеватый  | Менее 40                               | 7 - 12                   |
|          | Тяжелый           | Св. 40                                 | 12 - 17                  |
|          | Тяжелый пылеватый | Менее 40                               | 12 - 17                  |
| Глина    | Песчанистая       | Св. 40                                 | 17 - 27                  |
|          | Пылеватая         | Менее 40                               | 17 - 27                  |
|          | Жирная            | Не нормируется                         | Св. 27                   |

Примечания

1 Для супесей легких крупных учитываются содержание песчаных частиц размером 2 - 0,25 мм, для остальных грунтов - 2 - 0,05 мм.

2 При содержании в грунте 25% - 50 % (по массе) частиц крупнее 2 мм к названию глинистых грунтов добавляется слово «равелистый» (при окатанных частицах) или «щебенистый» (при неокатанных частицах).

Т а б л и ц а В.3 – Классификация грунтов по степени засоления

| Разновидность грунтов | Суммарное содержание легкорастворимых солей, % массы сухого грунта |   |
|-----------------------|--|---|
|                       | Хлоридное, сульфатно-хлоридное засоление                           | Сульфатное, хлоридно-сульфатное засоление |
| Слабозасоленные       | 0,5 - 2,0<br>0,3 - 1,0   | 0,5 - 1,0<br>0,3 - 5,0                    |
| Среднезасоленные      | 2,0 - 5,0<br>1,0 - 5,0   | 1,0 - 3,0<br>0,5 - 2,0                    |
| Сильнозасоленные      | 5,0 - 10,0<br>5,0 - 8,0  | 3,0 - 8,0<br>2,0 - 5,0                    |
| Избыточно засоленные  | Св. 10,0<br>Св. 8,0  | Св. 8,0<br>Св. 5,0                        |

Примечание – В числителе даны значения для дорожно-климатической зоны V, в знаменателе – для остальных зон.

Т а б л и ц а В.4 – Классификация грунтов по степени набухания

| Разновидности грунтов (при влажности $w_0$ ) | Относительная деформация набухания, % толщины слоя увлажнения |
|--|---|
| Ненабухающие                                 | Менее 2   |
| Слабонабухающие                              | От 2 до 4   |
| Среднебухающие                               | » 5 » 10  |
| Сильнобухающие                               | Св. 10  |

Т а б л и ц а В.5 – Классификация грунтов по степени просадочности

| Разновидности грунтов | Коэффициент просадочности | Относительная деформация просадки, % толщины слоя промачивания |
|-----------------------|---------------------------|--|
| Непросадочные         | Свыше 0,92                | Менее 2  |
| Слабопросадочные      | От 0,85 до 0,91           | От 2 до 7  |
| Просадочные           | От 0,80 до 0,84           | От 8 до 12   |
| Сильнопросадочные     | Менее 0,79                | Свыше 12   |

Примечание – Классификация не распространяется на скальные водоустойчивые грунты и грунты с исключением водонерастворимых цементирующих веществ, просадочность которых оценивают по данным лабораторных испытаний.

Т а б л и ц а В.6 – Классификация грунтов по степени пучинистости при замерзании

| Группы грунтов | Степень пучинистости | Относительное морозное пучение образца, % |
|----------------|----------------------|---|
| I              | Непучинистые         | 1 и менее                                 |
| II             | Слабопучинистые      | Св. 1 до 4                                |
| III            | Пучинистые           | От 4 до 7                                 |
| IV             | Сильнопучинистые     | » 7 » 10                                  |
| V              | Чрезмерно пучинистые | » 10                                      |

Примечания:

1 Испытание на пучинистость при промерзании осуществляется в лаборатории по специальной методике с подтоком воды. Допускается группу по пучинистости определять по таблице 7 настоящего приложения.

2 При оценке величины морозного пучения расчетом испытания грунтов на интенсивность морозного пучения ведут по специальной методике.

3 В случаях, когда испытание на морозное пучение проводится, группу по пучинистости допускается устанавливать по таблице В.7 настоящего приложения, а среднюю относительную величину морозного пучения зоны промерзания – по таблице В.8.

Т а б л и ц а Б.17

| Разновидность грунтов | Число пластичности $I_p$ , % | Содержание песчаных частиц (2-0,05 мм), % по массе |
|-----------------------|------------------------------|--|
| Супесь:               |                              |  |
| - песчанистая         | $1 \leq I_p < 7$             | $\geq 50$  |
| - пылеватая           | $1 \leq I_p < 7$             | $< 50$   |
| Суглинок:             |                              |  |
| - легкий песчанистый  | $7 \leq I_p < 12$            | $\geq 40$  |
| - легкий пылеватый    | $7 \leq I_p < 12$            | $< 40$   |
| - тяжелый песчанистый | $12 \leq I_p < 17$           | $\geq 40$  |
| - тяжелый пылеватый   | $12 \leq I_p < 17$           | $< 40$   |
| Глина:                |                              |  |
| - легкая песчанистая  | $17 \leq I_p < 27$           | $\geq 40$  |
| - легкая пылеватая    | $17 \leq I_p < 27$           | $< 40$   |
| - тяжелая             | $I_p \geq 27$                | Не регламентируется                                |

Т а б л и ц а Б.26

| Разновидность грунтов | Степень засоленности грунтов среднерастворимыми (гипс, ангидрит) солями $D_{sal}$ , % |                        |                        |
|-----------------------|---|------------------------|------------------------|
|                       | Суглинок  | Супесь                 | Песок                  |
| Незасоленный          | $D_{sal} \leq 5$  | $D_{sal} \leq 5$       | $D_{sal} \leq 3$       |
| Слабозасоленный       | $5 < D_{sal} \leq 10$   | $5 < D_{sal} \leq 10$  | $3 < D_{sal} \leq 7$   |
| Среднезасоленный      | $10 < D_{sal} \leq 20$  | $10 < D_{sal} \leq 20$ | $7 < D_{sal} \leq 10$  |
| Сильнозасоленный      | $20 < D_{sal} \leq 35$  | $20 < D_{sal} \leq 30$ | $10 < D_{sal} \leq 15$ |
| Избыточно засоленный  | $D_{sal} > 35$  | $D_{sal} > 30$         | $D_{sal} > 15$         |

Т а б л и ц а Б.20

| Разновидность грунтов | Относительная деформация набухания без нагрузки $\epsilon_{sw}$ , д. е. |
|-----------------------|---|
| Ненабухающий          | $\epsilon_{sw} < 0,04$  |
| Слабонабухающий       | $0,04 \leq \epsilon_{sw} \leq 0,08$                                     |
| Среднебухающий        | $0,08 < \epsilon_{sw} \leq 0,12$  |
| Сильнобухающий        | $\epsilon_{sw} > 0,12$  |

Т а б л и ц а Б.21

| Разновидность грунтов   | Относительная деформация просадочности $\epsilon_{sd}$ , д. е. |
|-------------------------|--|
| Непросадочный           | $\epsilon_{sd} < 0,01$   |
| Слабопросадочный        | $0,01 \leq \epsilon_{sd} \leq 0,03$                            |
| Среднепросадочный       | $0,03 < \epsilon_{sd} \leq 0,07$                               |
| Сильнопросадочный       | $0,07 < \epsilon_{sd} \leq 0,12$                               |
| Чрезвычайно просадочный | $\epsilon_{sd} > 0,12$   |

Т а б л и ц а Б.27\*

| Разновидность грунтов | Степень пучинистости $\epsilon_{fn}$ , % |
|-----------------------|--|
| Непучинистый          | $\epsilon_{fn} < 1,0$                    |
| Слабопучинистый       | $1,0 \leq \epsilon_{fn} \leq 3,5$        |
| Среднепучинистый      | $3,5 < \epsilon_{fn} \leq 7,0$           |
| Сильнопучинистый      | $7,0 < \epsilon_{fn} \leq 10,0$          |
| Чрезмернопучинистый   | $\epsilon_{fn} > 10,0$                   |

\* Применяется также и для класса мерзлых грунтов.

Рис. 5. Различия классификаций грунтов в СП 34.13330.2012 (слева) и ГОСТ 25100-95 (справа)

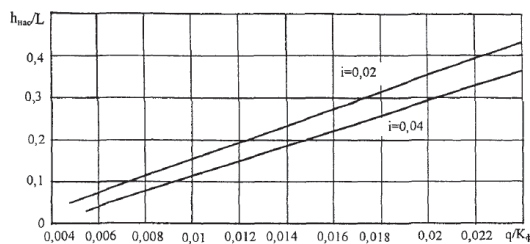


Рис. 5.1. Номограмма для расчета толщины  $h_{нас}$  дренажного слоя из песков мелких и средней крупности, а также крупнозернистых с коэффициентом фильтрации менее 10 м/сут. При односкатном поперечном профиле  $q' = q_p B$  [м<sup>3</sup>/м]; при двухскатном поперечном профиле  $q' = 0,5 q_p B$  [м<sup>3</sup>/м];  $B$  — ширина проезжей части, м;  $L$  — длина пути фильтрации, равный  $B$  при односкатном профиле и  $0,5B$  при двухскатном

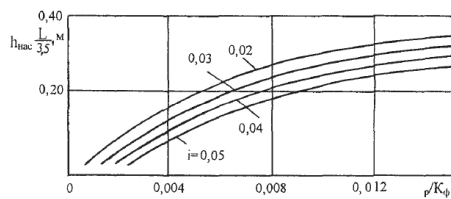


Рис. 5.2. Номограмма для расчета дренажного слоя из крупных песков с коэффициентом фильтрации более 10 м/сут  
 $L$  — длина пути фильтрации в м, равная  $B$  при односкатном профиле и  $0,5B$  при двухскатном;  $i$  — поперечный уклон низа дренажного слоя;  
 $K_ф$  — коэффициент фильтрации, м/сут

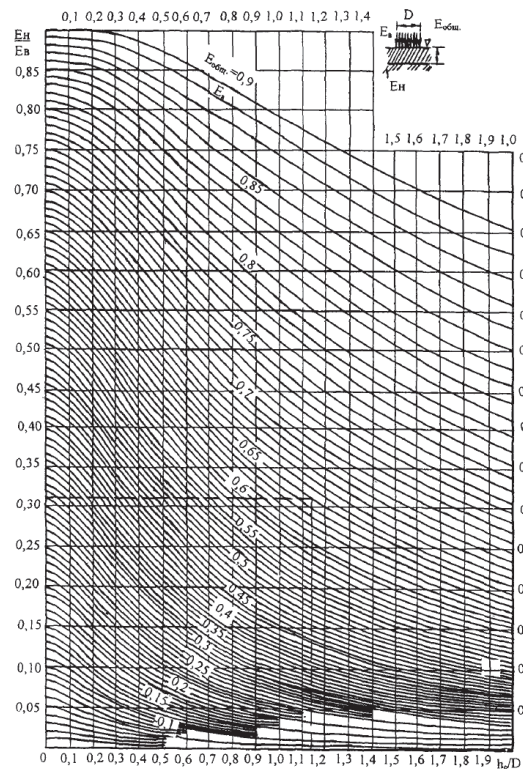


Рис. 3.1. Номограмма для определения общего модуля упругости двухслойной системы  $E_{общ}$

Рис. 6. Примеры номограмм и графиков из ОДН 218.046-01

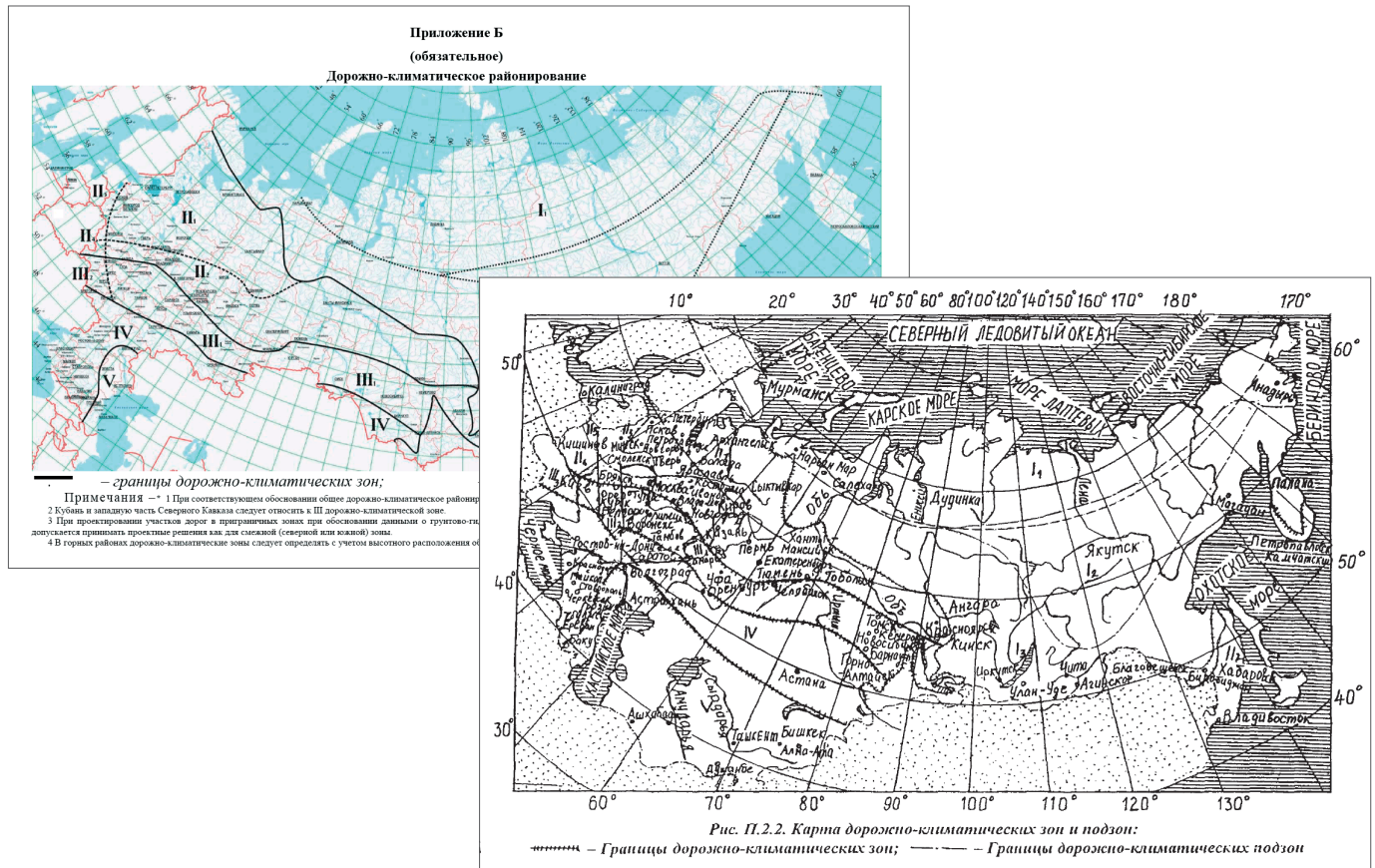


Рис. 7. Пример карты дорожно-климатических зон и подзон из СП 34.13330.2012 (сверху) и ОДН 218.046-01 (снизу)



Приложение Г  
(обязательное)

Надписи на знаках индивидуального проектирования

Таблица Г.1 - Русский алфавит

| Размеры в миллиметрах |   |     |     |     |     |     |     |  |          |          |                |   |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
|-----------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|----------|----------|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| Прописная буква       | Ширина литерных площадок при высоте прописной буквы $h_x$ |     |     |     |     |     |     |  |          |          | Строчная буква | Ширина литерных площадок при высоте прописной буквы $h_x$ |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
|                       | 75  | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |  |          |          |                |   | 75  | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |  |  |
| <b>А</b>              | 84  | 113 | 169 | 226 | 339 | 452 | 565 |  |          | <b>а</b> | 64             | 86  | 129 | 172 | 258 | 344 | 430 |     |     |  |  |
| <b>Б</b>              | 76  | 102 | 153 | 204 | 306 | 408 | 510 |  |          | <b>б</b> | 68             | 91  | 136 | 182 | 273 | 363 | 455 |     |     |  |  |
| <b>В</b>              | 67  | 92  | 135 | 180 | 270 | 380 | 450 |  |          | <b>в</b> | 65             | 87  | 130 | 174 | 261 | 358 | 435 |     |     |  |  |
| <b>Г</b>              | 67  | 99  | 135 | 180 | 270 | 380 | 450 |  |          | <b>г</b> | 56             | 75  | 112 | 150 | 225 | 300 | 375 |     |     |  |  |
| <b>Д</b>              | 82  | 110 | 165 | 220 | 330 | 440 | 550 |  |          | <b>д</b> | 68             | 92  | 138 | 184 | 276 | 368 | 460 |     |     |  |  |
| <b>Е</b>              | 72  | 96  | 144 | 192 | 288 | 384 | 480 |  |          | <b>е</b> | 67             | 90  | 135 | 180 | 270 | 360 | 450 |     |     |  |  |
| <b>Ж</b>              | 121   | 162 | 243 | 324 | 486 | 648 | 810 |  |          | <b>ж</b> | 95             | 127   | 190 | 254 | 381 | 508 | 635 |     |     |  |  |
| <b>З</b>              | 73  | 98  | 147 | 196 | 294 | 392 | 490 |  |          | <b>з</b> | 63             | 85  | 127 | 170 | 255 | 340 | 425 |     |     |  |  |
| <b>И</b>              | 108   | 162 | 216 | 324 | 432 | 540 |     |  | <b>и</b> | 68       | 92             | 138   | 184 | 276 | 368 | 460 |     |     |     |  |  |
| <b>К</b>              | 109   | 163 | 218 | 327 | 436 | 545 |     |  | <b>к</b> | 67       | 90             | 135   | 180 | 270 | 360 | 450 |     |     |     |  |  |
| <b>Л</b>              | 82  | 110 | 165 | 220 | 330 | 440 | 550 |  |          | <b>л</b> | 67             | 90  | 135 | 180 | 270 | 360 | 450 |     |     |  |  |
| <b>М</b>              | 96  | 129 | 193 | 258 | 387 | 516 | 645 |  |          | <b>м</b> | 78             | 105   | 157 | 210 | 315 | 420 | 525 |     |     |  |  |
| <b>Н</b>              | 80  | 107 | 160 | 214 | 321 | 428 | 535 |  |          | <b>н</b> |                |   |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| <b>О</b>              | 81  | 109 | 163 | 218 | 327 | 436 | 545 |  |          | <b>о</b> | 67             | 90  | 135 | 180 | 270 | 360 | 450 |     |     |  |  |
| <b>П</b>              | 79  | 106 | 159 | 212 | 318 | 424 | 530 |  |          | <b>п</b> |                |   |     |     |     |     |     |     |     |  |  |
| <b>Р</b>              | 75  | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |  |          | <b>р</b> | 70             | 94  | 141 | 188 | 282 | 376 | 470 |     |     |  |  |
| <b>С</b>              | 77  | 103 | 154 | 206 | 309 | 412 | 515 |  |          | <b>с</b> | 66             | 88  | 132 | 176 | 264 | 352 | 440 |     |     |  |  |
| <b>Т</b>              | 74  | 99  | 148 | 198 | 297 | 396 | 495 |  |          | <b>т</b> | 58             | 78  | 117 | 156 | 234 | 312 | 390 |     |     |  |  |
| <b>У</b>              | 75  | 101 | 151 | 202 | 303 | 404 | 505 |  |          | <b>у</b> | 63             | 84  | 126 | 168 | 252 | 336 | 420 |     |     |  |  |
| <b>Ф</b>              | 94  | 126 | 189 | 252 | 378 | 504 | 630 |  |          | <b>ф</b> | 81             | 122   | 183 | 244 | 366 | 488 | 610 |     |     |  |  |
| <b>Х</b>              | 76  | 102 | 153 | 204 | 306 | 408 | 510 |  |          | <b>х</b> | 63             | 84  | 126 | 168 | 252 | 336 | 420 |     |     |  |  |
| <b>Ц</b>              | 82  | 110 | 165 | 220 | 330 | 440 | 550 |  |          | <b>ц</b> | 69             | 93  | 139 | 186 | 279 | 372 | 465 |     |     |  |  |
| <b>Ч</b>              | 76  | 102 | 153 | 204 | 306 | 408 | 510 |  |          | <b>ч</b> | 64             | 86  | 129 | 172 | 258 | 344 | 430 |     |     |  |  |
| <b>Ш</b>              | 108   | 144 | 216 | 288 | 432 | 576 | 720 |  |          | <b>ш</b> | 91             | 122   | 183 | 244 | 366 | 488 | 610 |     |     |  |  |
| <b>Щ</b>              | 111   | 148 | 222 | 296 | 444 | 592 | 740 |  |          | <b>щ</b> | 93             | 124   | 186 | 248 | 372 | 496 | 620 |     |     |  |  |
| <b>Ъ</b>              | 82  | 110 | 165 | 220 | 330 | 440 | 550 |  |          | <b>ъ</b> | 68             | 91  | 136 | 182 | 273 | 364 | 455 |     |     |  |  |
| <b>Ы</b>              | 98  | 131 | 196 | 262 | 393 | 524 | 655 |  |          | <b>ы</b> | 57             | 115   | 172 | 230 | 345 | 460 | 575 |     |     |  |  |
| <b>Ь</b>              | 73  | 96  | 147 | 196 | 294 | 392 | 490 |  |          | <b>ь</b> | 63             | 85  | 127 | 170 | 255 | 340 | 425 |     |     |  |  |
| <b>Э</b>              | 77  | 103 | 154 | 206 | 309 | 412 | 515 |  |          | <b>э</b> | 61             | 82  | 123 | 164 | 246 | 328 | 410 |     |     |  |  |
| <b>Ю</b>              | 108   | 145 | 217 | 290 | 435 | 580 | 725 |  |          | <b>ю</b> | 80             | 120   | 180 | 240 | 360 | 480 | 600 |     |     |  |  |
| <b>Я</b>              | 81  | 108 | 162 | 216 | 324 | 432 | 540 |  |          | <b>я</b> | 65             | 87  | 130 | 174 | 261 | 358 | 435 |     |     |  |  |

Таблица Г.2 - Латинский алфавит

| Размеры в миллиметрах |   |     |     |     |     |     |     |                |   |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|
| Прописная буква       | Ширина литерных площадок при высоте прописной буквы $h_x$ |     |     |     |     |     |     | Строчная буква | Ширина литерных площадок при высоте прописной буквы $h_x$ |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |
|                       | 75  | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |                | 75  | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |  |  |  |  |  |  |
| <b>A</b>              | 84  | 113 | 169 | 226 | 339 | 452 | 565 | <b>a</b>       | 64  | 86  | 129 | 172 | 258 | 344 | 430 |  |  |  |  |  |  |
| <b>B</b>              | 76  | 102 | 153 | 204 | 306 | 408 | 510 | <b>b</b>       | 68  | 91  | 136 | 182 | 273 | 363 | 455 |  |  |  |  |  |  |
| <b>C</b>              | 67  | 99  | 135 | 180 | 270 | 380 | 450 | <b>c</b>       | 65  | 87  | 130 | 174 | 261 | 358 | 435 |  |  |  |  |  |  |
| <b>D</b>              | 82  | 110 | 165 | 220 | 330 | 440 | 550 | <b>d</b>       | 56  | 75  | 112 | 150 | 225 | 300 | 375 |  |  |  |  |  |  |
| <b>E</b>              | 72  | 96  | 144 | 192 | 288 | 384 | 480 | <b>e</b>       | 68  | 92  | 138 | 184 | 276 | 368 | 460 |  |  |  |  |  |  |
| <b>F</b>              | 121   | 162 | 243 | 324 | 486 | 648 | 810 | <b>f</b>       | 67  | 90  | 135 | 180 | 270 | 360 | 450 |  |  |  |  |  |  |
| <b>G</b>              | 73  | 98  | 147 | 196 | 294 | 392 | 490 | <b>g</b>       | 95  | 127 | 190 | 254 | 381 | 508 | 635 |  |  |  |  |  |  |
| <b>H</b>              | 73  | 98  | 147 | 196 | 294 | 392 | 490 | <b>h</b>       | 63  | 85  | 127 | 170 | 255 | 340 | 425 |  |  |  |  |  |  |
| <b>I</b>              | 108   | 162 | 243 | 324 | 486 | 648 | 810 | <b>i</b>       | 68  | 92  | 138 | 184 | 276 | 368 | 460 |  |  |  |  |  |  |

|          |     |     |     |     |     |     |     |          |    |     |     |     |     |     |     |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>J</b> | 81  | 108 | 162 | 216 | 324 | 432 | 540 | <b>j</b> | 68 | 92  | 138 | 184 | 276 | 368 | 460 |
| <b>K</b> | 109 | 163 | 218 | 327 | 436 | 545 |     | <b>k</b> | 67 | 90  | 135 | 180 | 270 | 360 | 450 |
| <b>L</b> | 82  | 110 | 165 | 220 | 330 | 440 | 550 | <b>l</b> | 78 | 105 | 157 | 210 | 315 | 420 | 525 |
| <b>M</b> | 96  | 129 | 193 | 258 | 387 | 516 | 645 | <b>m</b> | 67 | 90  | 135 | 180 | 270 | 360 | 450 |
| <b>N</b> | 80  | 107 | 160 | 214 | 321 | 428 | 535 | <b>n</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>O</b> | 81  | 109 | 163 | 218 | 327 | 436 | 545 | <b>o</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>P</b> | 79  | 106 | 159 | 212 | 318 | 424 | 530 | <b>p</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>R</b> | 75  | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 | <b>r</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>S</b> | 77  | 103 | 154 | 206 | 309 | 412 | 515 | <b>s</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>T</b> | 74  | 99  | 148 | 198 | 297 | 396 | 495 | <b>t</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>U</b> | 75  | 101 | 151 | 202 | 303 | 404 | 505 | <b>u</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>V</b> | 94  | 126 | 189 | 252 | 378 | 504 | 630 | <b>v</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>W</b> | 76  | 102 | 153 | 204 | 306 | 408 | 510 | <b>w</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>X</b> | 82  | 110 | 165 | 220 | 330 | 440 | 550 | <b>x</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>Y</b> | 76  | 102 | 153 | 204 | 306 | 408 | 510 | <b>y</b> |    |     |     |     |     |     |     |
| <b>Z</b> | 108 | 145 | 217 | 290 | 435 | 580 | 725 | <b>z</b> |    |     |     |     |     |     |     |

Таблица Г.3 - Цифры и знаки препинания

| Размеры в миллиметрах |   |     |     |     |     |     |     |              |   |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|
| Цифра                 | Ширина литерных площадок при высоте прописной буквы $h_x$ |     |     |     |     |     |     | Знак         | Ширина литерных площадок при высоте прописной буквы $h_x$ |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |
|                       | 75  | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |              | 75  | 100 | 150 | 200 | 300 | 400 | 500 |  |  |  |  |  |  |
| 1                     | 44  | 58  | 87  | 116 | 174 | 232 | 290 | !            | 35  | 47  | 70  | 94  | 161 | 188 | 235 |  |  |  |  |  |  |
| 2                     | 67  | 89  | 133 | 178 | 167 | 356 | 445 | №            | 110   | 147 | 220 | 294 | 441 | 588 | 735 |  |  |  |  |  |  |
| 3                     | 66  | 88  | 132 | 176 | 264 | 352 | 440 | (            | 49  | 65  | 97  | 130 | 195 | 260 | 325 |  |  |  |  |  |  |
| 4                     | 68  | 91  | 136 | 182 | 273 | 364 | 455 | )            |   |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |
| 5                     | 67  | 89  | 133 | 178 | 267 | 356 | 445 | «            |   |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |
| 6                     | 68  | 91  | 136 | 182 | 273 | 364 | 455 | »            | 55  | 73  | 109 | 146 | 219 | 292 | 365 |  |  |  |  |  |  |
| 7                     | 63  | 84  | 126 | 168 | 252 | 336 | 420 | •            | 32  | 43  | 64  | 86  | 129 | 172 | 215 |  |  |  |  |  |  |
| 8                     | 68  | 91  | 136 | 182 | 273 | 364 | 455 | —            |   |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |  |  |
| 9                     | 67  | 90  | 135 | 180 | 270 | 360 | 450 | — (тире)     | 68  | 91  | 136 | 182 | 273 | 364 | 455 |  |  |  |  |  |  |
| 0                     | 70  | 93  | 139 | 186 | 279 | 372 | 465 | — (дефис)    | 45  | 61  | 91  | 122 | 183 | 244 | 305 |  |  |  |  |  |  |
| ?                     | 65  | 83  | 124 | 166 | 249 | 332 | 415 | — (апостроф) | 36  | 48  | 72  | 96  | 144 | 192 | 240 |  |  |  |  |  |  |

Таблица Г.4 - Сокращения слов на русском и английском языках

| Слова            |                     | Сокращение слов  |                     |
|------------------|---------------------|------------------|---------------------|
| на русском языке | на английском языке | на русском языке | на английском языке |
| Аэропорт         | airport             | аэроп.           | Не сокращается      |
| Бульвар          | boulevard           | бул.             | Bivd.               |
| Вокзал           | -                   | вокз.            | -                   |
| Водохранилище    | -                   | водхр.           | -                   |
| Главный          | main                | гл.              | M.                  |
| Гора             | mount               | г.               | М.                  |

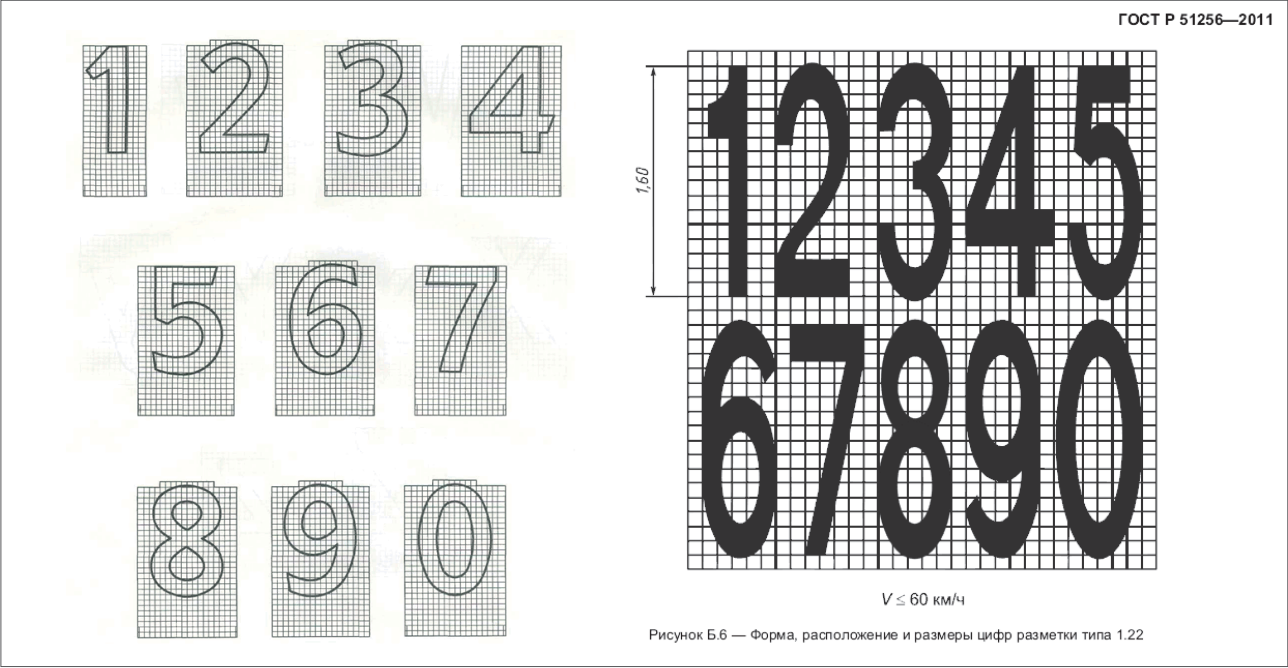


Рис. 9. Пример цифр, исполненных разными шрифтами в ГОСТ 52290–2004 (слева) и ГОСТ Р 51256–2011 (справа)

маленькие латинские буквы l (эль) и m (эм) иметь одинаковую ширину).

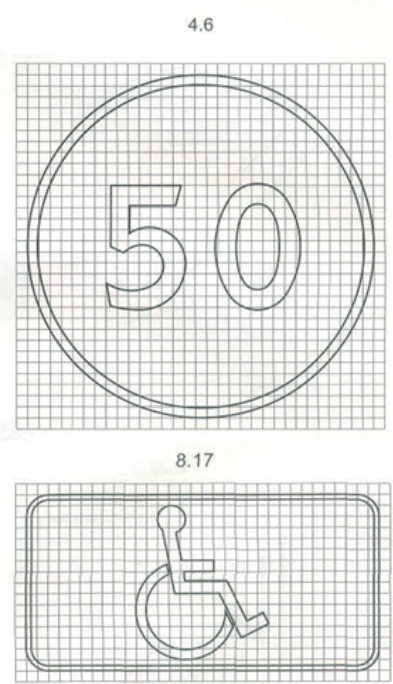
А теперь возьмём ГОСТ Р 51256–2011 на разметку. В нём также определён некоторый шрифт для изображения надписей на дороге. Из условий видимости дороги эти надписи по идее должны состоять из таких же букв, только растянутых по вертикали

в 2–5 раз. Возникает предложение: почему бы не использовать тот же шрифт, что и в дорожных знаках, только растянутый по вертикали с необходимым коэффициентом? Тем не менее в ГОСТе на разметку почему-то использован иной шрифт (рис. 9).

Аналогичная ситуация в упомянутых ГОСТах наблюдается и по части

пиктограмм. Например, легковые машинки в разных знаках имеют отличия, незначительные, но всё же имеют. Где-то фары есть, где-то нет. Где-то колёса побольше, где-то поменьше. Где-то пропорции иные.

Дорожная разметка 1.24.1–1.24.4 предназначена для дублирования дорожных знаков. Однако даже при-



ГОСТ Р 51256—2011

Окончание таблицы А. 1

| Номер  | Форма, размеры, м | Цвет*, назначение                        |
|--------|-------------------|--|
| 1.24.2 |                   | Дублирование запрещающих дорожных знаков |
| 1.24.3 |                   | Дублирование дорожного знака «Инвалиды»  |

Рис. 10. Пример разных шрифтов и пиктограмм, исполненных по-разному в ГОСТ 52290–2004 (слева) и ГОСТ Р 51256–2011 (справа)



ведённые примеры в ГОСТ Р 51256–2011 имеют иные пиктограммы, нежели в дублируемых дорожных знаках, определённых в ГОСТ 52290–2004 (рис. 10).

**ВЫВОД:** В нормативно-технической базе необходимо уходить от **нарисованных от руки рисунков**. Все шрифты, пиктограммы, рисунки необходимо перевести в векторные форматы и оформить в виде электронного приложения к стандарту. Существующие рисунки необходимо заменить новыми и придать им статус **иллюстративного материала**.

Пример достаточно успешного применения такого подхода в нашей стране уже применён при разработке стандарта на туристские знаки, который подготовлен в 2013 г. Министерством культуры Российской Федерации в виде «Методического пособия по созданию системы дорожных указателей к объектам культурного наследия и иных носителей информации». Данный документ содержит электронное приложение, доступное на сайте Министерства культуры, которое содержит электронный архив с образцами пиктограмм туристских знаков в форматах JPEG и Adobe Illustrator.

За рубежом такой подход также давно успешно себя зарекомендовал. В сфере дорожных знаков используются различные стандартные шрифты, доступные в электронном виде, например, в Германии — DIN 1451, в Австрии — TERN, в Великобритании — Transport и Motorway, в США, Испании и Нидерландах — FHWA, во Франции — Caractères.

### 3. План совершенствования нормативной базы в плане автоматизации

В предыдущем разделе были описаны только несколько лежащих на поверхности проблем, имеющих в нашей нормативной базе и мешающих полноценной автоматизации действий инженера. А ведь имеются и гораздо более глубокие расхождения, в т.ч. методологически противоречивые подходы, заложенные в разных руководящих документах. Такие вопросы нельзя решить единовременно, но необходимо это осознать и планомерно двигаться в правильном направлении.

Для этого предлагается следующий стратегический план действий:

#### ПЛАН ОБНОВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ СТАНДАРТОВ РФ В ЧАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ:

##### Этап 1. Заложить в стандарты возможность **автоматизации**:

- 1.1. Привести классификации объектов и характеристик в машинно-читаемый вид. Ввести идентификаторы объектов и значений характеристик.
- 1.2. Устранить противоречия между смежными (или одними и теми же) классификациями в различных стандартах.
- 1.3. Привести существующие стандарты в вид, не допускающий неоднозначную машинную интерпретацию (устранить графики, номограммы в пользу формул и электронных приложений).
- 1.4. Разработать правила соответствия иным (зарубежным) стандартам.
- 1.5. Разработать модели дорожных данных и форматы обмена данными.
- 1.6. Внедрить практику создания электронных приложений к стандартам.
- 1.7. Создать нормативно-справочный элемент инфраструктуры дорожных данных РФ, включающий в себя в электронном виде классификаторы объектов и характеристик, различные справочники, электронные приложения к стандартам.

##### Этап 2. Заложить в стандарты возможность **автоматического принятия решений** и **информационного моделирования**:

- 2.1. Согласовать стандарты, оперирующие одними объектами, но на разных этапах жизненного цикла (разработать единые классификаторы или выработать правила соответствия; разработать единые или непротиворечивые модели данных).
- 2.2. Принять единую систему координат (пространственную и линейную). Определить правила пересчёта координат в течение жизненного цикла (например, при переносе километровых столбов).
- 2.3. Создать инфраструктуру дорожных данных, объединяющую всю совокупность сведений об автомобильных дорогах (актуальные сведения, архивные, проектные решения).
- 2.4. Формализовать процесс проектирования и управления дорогой с целью автоматического принятия технических решений (как следствие, существующие стандарты получают разделы, которые необходимы только разработчикам автоматизированных систем, а не инженерам).
- 2.5. Изменить существующие отраслевые бизнес-процессы с целью 1) поддержания в актуальном состоянии всей полноты сведений о дороге и 2) повышения объективности принятия решений за счёт применения информационных технологий.

Единовременно такую работу провести просто нереально, но представляется целесообразным включать в технические задания на разработку новых и обновление существующих нормативно-технических документов необходимые требования по возможности автоматизации закладываемых в стандарты требований.

Вероятно, в рамках Технического комитета по стандартизации №418 «Дорожное хозяйство» в Росстандарте имеет смысл создать новый подкомитет (условно №6) по автоматизации в дорожном хозяйстве. Отметим, что таких подкомитетов пока нет в смежных отечественных отраслях. Исключением являются только ТК 045 «Железнодорожный транспорт», где есть подкомитеты ПК 12 «Железнодорожная автоматика и телемеханика», и ПК 13 «Системы информатизации и связи». Эти подкомитеты можно условно назвать аналогами Технического комитета по стандартизации №057 «Интеллектуальные транспортные системы». Однако ТК 057 работает в основном в сфере регулирования дорожного движения, а для ТК 418 нужны собственные разработки в сфере автоматизации процессов проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

В противоположность отечественной структуре технических комитетов Росстандарта в международной практике информатизация почти всегда представлена отдельным важным направлением. Например, вынесенный в заголовок данной статьи BIM находится в сфере интересов сразу двух технических комитетов ISO:

1. ISO/TC 184 — Automation systems and integration (Системы промышленной автоматизации и интеграции), подкомитет SC 4 — Industrial data (Промышленные данные).

2. Технический комитет ISO/TC 59 — Buildings and civil engineering works (Строительство зданий), подкомитет SC 13 — Organization of information about construction works (Организация информации о строительных работах).

В заключение отметим, что Росавтодором в последнее время уже предприняты некоторые шаги по выстраиванию нормативной базы по информатизации дорожного хозяйства. Так, в 2013–2014 гг. компанией «ИндорСофт» по заказу Федерального дорожного агентства была выполнена разработка проектов двух ГОСТов и одного ОДМ:

1. Проект ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Общие технические требования» [11].

2. Проект ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Базовая модель данных» [12].

3. Проект ОДМ «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Порядок сбора, хранения и обновления данных» [13].

Скорейшее принятие этих стандартов позволит легитимизировать процессы создания и под-

держания не только ГИС автомобильных дорог, но и гораздо более широкого круга, в том числе BIM-систем, т.к. именно ГИС являются связующим звеном для управления данными в течение всего жизненного цикла автомобильных дорог [14,15]. ■

#### Литература:

1. Перес К. Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания. М.: Дело. 2011.
2. National Building Information Modelling Standard. National Institute of Building Sciences, buildingSMARTalliance. 2007. 182 p.
3. Сковцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 12–21.
4. Bew M., Underwood J., Wix J., & Storer G. Going BIM in a Commercial World // eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction: European Conferences on Product and Process Modeling (ECCPM 2008). Sophia Antipolis. France. P. 139–150.
5. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85\*.
6. ГОСТ Р 52399–2005 Геометрические элементы автомобильных дорог.
7. ГОСТ 25100–95. Грунты. Классификация.
8. ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд.
9. ГОСТ 52290–2004. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования.
10. ГОСТ Р 51256–2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования.
11. Сковцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 47–54.
12. Сковцов А.В., Сарычев Д.С. Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 98–102.
13. Сарычев Д.С. Проект дорожной методики по сбору, хранению и обновлению данных ГИС// САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 103–109.
14. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1–7.
15. Сковцов 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.



# Информационное моделирование в строительстве

Нестеров И.В., заместитель генерального директора  
ЗАО «РосГеоПроект» (г. Санкт-Петербург)

*Рассказывается о применении от-  
носительно новой в строительстве  
технологии 4D-моделирования и пер-  
спективах её внедрения. Дается об-  
зор специализированной системы для  
4D-моделирования Synchro, приме-  
няемой в компании «РосГеоПроект»,  
и рассказывается об основных её  
преимуществах.*

Для управления строительством, а точнее — планированием, существует множество специализированных программных комплексов, нацеленных на эффективное управление ресурсами. К таким решениям относятся и хорошо известные Microsoft Project (Microsoft, США) или Oracle Primavera (Oracle, США), и разрабатываемые специально под решение конкретных задач (например, программные продукты для контроля сроков и качества строительства) [1]. Такие программы обладают схожим функционалом и используют классические инструменты проектного менеджмента, такие как метод критического пути, построение диаграммы Ганта, постановка задач, отслеживание эффективности выполнения и т.д. Однако все эти комплексы обладают одним очень важным недостатком — описывая последовательность, взаимозависимость, состав работ и необходимые для выполнения этих работ ресурсы, они не дают возможности **увидеть** в прямом смысле слова, как эти работы будут выполняться и какой результат будет получен, перекладывая эту задачу на пользователей системы. Таким образом, при формировании календарно-сетевого графика планировщик представляет у себя в голове процесс строительства и переносит его «на бумагу» в виде наименований работ, их последовательности и т.д., по сути, зашифровывая. Пользователи такого графика на строительной площадке (инвестор, заказчик, подрядчики, поставщики, строительный контроль) вынуждены расшифровывать этот календарно-сетевой график

и держать его у себя в голове, представляя весь процесс строительства. Отсюда и огромное количество ошибок — пространственно-временных коллизий, которые невозможно быстро обнаружить в графике из тысяч взаимосвязанных работ. Именно для решения этой проблемы формируются 4D-модели. Взаимная увязка классических систем проектного менеджмента и трёхмерных моделей дают потрясающий синергетический эффект.

Концепция BIM, берущая начало с 70-х годов прошлого века [2, 3], уже давно заняла прочные позиции в строительной индустрии, в то время как непривычная пока для большинства инженеров технология 4D-моделирования, также известная как MBP (метод визуального планирования), ещё только начала осторожно проникать на рынок. Эту новую технологию также часто называют 4D BIM или «визуальным моделированием» [4], ссылаясь на то, что она объединяет в себе 3D-модель и план работ в виде календарно-сетевого графика, дополняя тем самым привычную трёхмерную модель четвёртым — временным — измерением. Получаемые в результате 4D-модели позволяют проследить всю последовательность выполнения работ по реализации проекта во времени. На сегодняшний день такие модели уже используются во многих проектах, причём как проектировщиками, так и строителями.

Использование 4D-моделей существенно расширяет возможности 3D-моделей, обеспечивая дополнительные преимущества. Прежде всего, это происходит благодаря тому, что

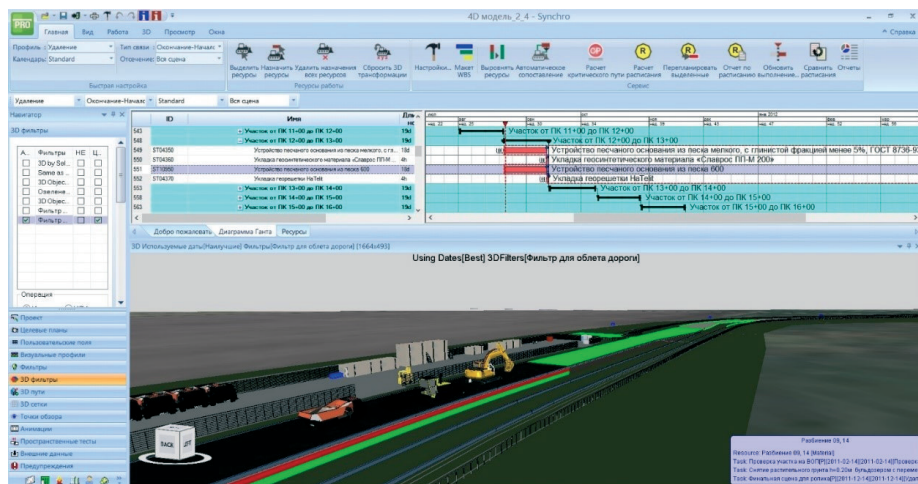


Рис. 1. 4D-модель строительства автомобильной дороги

Визуальная модель последовательности выполнения строительных работ создаётся для того, чтобы проектировщики, подрядчики и даже владельцы смогли проанализировать весь процесс от начала до конца и принять необходимые эффективные решения по его реализации.

4D-модели содержат в себе данные календарно-сетевых графиков, которые в совокупности с 3D-моделью позволяют получить наглядный план работ. Это, в свою очередь, способствует улучшению взаимопонимания между всеми участниками процесса выполнения работ. Кроме того, одним из главных плюсов таких моделей является опция «а что, если...», которая позволяет тестировать и совершенствовать имеющиеся варианты плана работ проекта.

С помощью 4D-модели может быть проведён анализ всей последовательности выполнения работ по проекту, а также выполнен поиск возможных пространственных коллизий в проектных решениях. Кроме того, она позволяет обнаружить пространственно-временные коллизии, которые могут возникнуть в процессе строительных работ. Таким образом, применение 4D-моделей помогает проанализировать и предотвратить многие проблемы заранее, ещё до начала строительства.

Визуальная модель последовательности выполнения строительных работ создаётся для того, чтобы проектировщики, подрядчики и даже владельцы смогли проанализировать весь процесс от начала до конца и принять необходимые эффективные решения по его реализации. Создавать 4D-модели можно как для всего проекта целиком, так и для отдельных

его частей, представляя проект в виде отдельных моментов времени. При этом любые корректировки плана или 3D-модели отражаются и в самой визуальной модели. Например, такие технологии могут применяться для планировок в пространстве, установки оборудования и т.д. Навигация в реальном времени помогает увидеть и оценить весь проект и процесс его реализации в целом.

В настоящий момент инструменты 4D-моделирования в основном представлены внутри «тяжёлых» САПР, выпускаемых такими компаниями как Intergraph или Dassault Systemes, которые обычно работают только с собственной 3D-моделью. Однако

среди таких систем стоит выделить решение Synchro (Synchro Software, Великобритания), специально разработанное для 4D-моделирования. МВП позволяет увязать трёхмерную модель строящегося объекта, импортированную из внешней системы 3D-проектирования, с календарно-сетевым графиком, созданным в системе управления проектами (например, Primavera или Microsoft Project).

МВП позволяет моделировать широкий набор параметров: использование рабочих зон, размещение кранового хозяйства и приплощадочных складов, транспортные потоки и многое другое. В результате может быть получена наглядная визуализация плана и факта



Рис. 2. 4D-модель строительства объекта ПГС

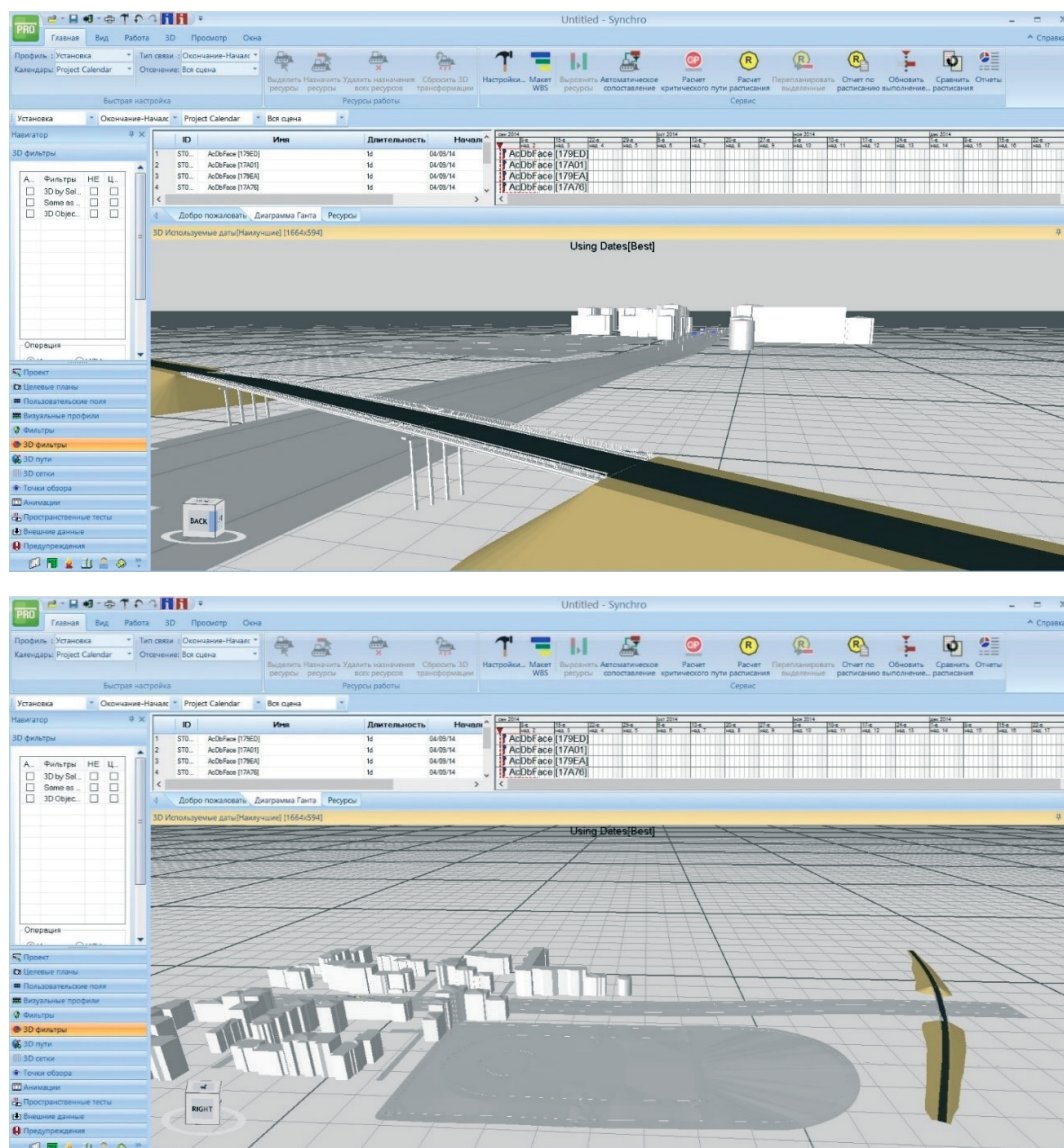


Рис. 3. 3D-модель, импортированная в Synchro из IndorCAD для 4D-моделирования

выполнения работ, очевидная даже неспециалисту. MBP может являться полноценной системой планирования, содержащей алгоритмы расчёта расписания по методу критического пути, календари и сметы. Также эта система обеспечивает возможности ввода фактической информации и анализа хода выполнения проекта по методике освоенного объёма.

Процесс создания 4D-модели может быть достаточно прост в том случае, если 3D-модель, на основе которой разрабатывается 4D-модель, имеет детализацию, сопоставимую с детализацией плана работ. Отдельные элементы (или группы) в 3D-модели должны быть привязаны к задачам, которые, в свою очередь, привязаны к определённым срокам. Сами задачи при этом обычно содержатся в плане подрядчика. Создатель 4D-модели просто привязывает элементы модели к элементам плана. Если 3D-модель строится так, что отдельные её элементы могут быть сопоставлены с отдельными задачами плана строительства, то процесс

«сочленения» отдельных элементов (или групп элементов) упрощается. Однако если 3D-модель не соотносится с чётким планом строительства (является укрупнённой или, наоборот, имеет более глубокую детализацию), то придётся приложить немало усилий к тому, чтобы «сочленить» все элементы со сроками. Именно по этой причине важно создать модель, максимально приближённую к условиям планирования, то есть 4D-модель.

В качестве примера рассмотрим модель многоуровневой парковки. В зависимости от конфигурации парковки, скорее всего, основное монолитное перекрытие между этажами целесообразно изобразить в 3D-модели одним элементом — именно таким элементом монолитная плита и станет в результате бетонных работ. Однако, если необходимо выполнить 4D-моделирование, визуализирующее технологию выполнения строительных работ, становится понятно, что монолитная плита создаётся по частям, и в 3D-модели она должна быть представ-



лена множеством частей в соответствии с планом строительства. Аналогично монолитная колонна, пронизывающая несколько этажей, должна состоять из нескольких элементов. Таким образом, при формировании моделей всегда важно понимать, каким должен быть конечный результат, и как к нему следует двигаться.

Разработчики программного обеспечения позаботились о 4D-планировщиках и создали инструменты, позволяющие объединять объекты 3D-модели непосредственно внутри программы для увязывания с одним видом работ или же, наоборот, разбивать элемент модели «на захватки». Это позволяет работать с уже существующей моделью, не переделывая её под график.

Созданная 4D-модель (рис. 1, 2) может быть визуализирована как полностью, так и по частям. Это позволяет увидеть все события, происходящие в нужный пользователю отрезок времени, в том числе и с учётом внесённых изменений.

Визуализация всего процесса строительства в контексте реального времени на строительной площадке — это возможность для проектировщиков, собственников, исполнителей и всех остальных участников проекта увидеть весь процесс строительства практически «вживую», что во многом упрощает понимание происходящих событий. Как следствие, в большинстве случаев это отражается и на простоте принятия решений, в том числе и при решении логистических задач. Другими словами, визуализация способствует интуитивному восприятию и пониманию всего процесса.

Проанализировав различные специализированные решения для 4D-моделирования, компания «РосГеоПроект» остановила свой выбор на Synchro по следующим причинам:

- данная система изначально предназначена для использования в процессах управления строительными проектами, а следовательно, содержит все средства, необходимые для планирования, включая расчёт расписания, календари, возможность разбивки элементов модели «на захватки» и т.д.;

- система позволяет объединять в рамках единой 4D-модели 3D-элементы и фрагменты календарно-сетевых планов, разработанные в различных сторонних системах — на сегодняшний день обеспечена поддержка около 30 источников получения 3D-моделей (рис. 3), а для импорта календарно-сетевых графиков могут быть использованы, например, системы Primavera и Microsoft Project;

- использование системы не предполагает длительного процесса внедрения и отказа от других систем. В большинстве случаев она просто дополняет существующие САПР и систему управления проектами.

В настоящее время специалисты компании «РосГеоПроект» совместно с компанией «ИндорСофт» ведут активную работу по инте-

грации проектных 3D-моделей дорог в систему 4D-моделирования для последующего планирования и управления процессом строительства. Уверены, широкое применение BIM и 4D — это близкое будущее строительной индустрии. ■

#### Литература:

1. Портни С.Э. Управление проектами для «чайников». М.: «Диалектика», 2006. 368 с.
2. Eastman C., Fisher D., Lafue G., et al. An Outline of the Building Descriptor System. Institute of Physical Planning, Carnegie-Mellon University. September 1974. 23 p.
3. Eastman C., Teicholz P., et al. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Hoboken, New Jersey, Wiley, 2011. 490 p.
4. Jacobi J. 4D BIM or Simulation-Based Modeling // Structure Magazine, April 2011. P. 17–18.



# Нормативная база для САУ 3D

Кулижников А.М., д.т.н, профессор, зам. генерального директора ФГБУ «РосдорНИИ» (г. Москва)

Ануфриев А.А., к.т.н, ЗАО «ТрансПутьСтрой» (г. Москва)

Колесников И.П., инженер ФГБУ «РосдорНИИ» (г. Москва)

*В статье выполнен анализ состояния и представлены предложения по разработке нормативной правовой и нормативно-технической базы, позволяющей внедрить системы моделирования и автоматического управления 3D на этапах жизненного цикла автомобильной дороги (планирование, проектирование, строительство, реконструкция, ремонты и содержание).*



## Актуальность и эффективность

В мировой практике активно внедряются информационные технологии, в том числе системы 3D-моделирования при проектировании и автоматического управления дорожно-строительной техникой при строительстве. Рассмотрим простые примеры: дорожные работы выполняют асфальтоукладчики, грейдеры, экскаваторы, бульдозеры, укладчики бетона и дорожные фрезы, оборудованные системой автоматического нивелирования поверхности в трёх плоскостях, которые дополнительно комплектуются ультразвуковыми или контактными датчиками и лазерными системами. Применение систем моделирования и автоматического управления 3D возможно только при наличии качественной инженерной цифровой модели местности (ИЦММ) и инженерной цифровой модели проектного решения (ИЦМП).

В дорожном строительстве используются две основные автоматические технологии управления: на базе глобальной навигационной спутниковой системы и с использованием роботизированных тахеометров.

Следует отметить, что системы моделирования и автоматического управления (САУ) 3D должны эффективно работать в течение всего жизненного цикла автомобильной дороги. Жизненный цикл должен включать следующие этапы: планирование, изыскания, проектирование, строительство, эксплуатацию (реконструкция, капитальный ремонт, ремонт) и ликвидацию дорожного объекта (разборка).

На этапах территориального планирования и планировки территории под размещение автомобильной дороги планирование и проектирование будет эффективно выполняться по 3D инженерным цифровым моделям местности, которые будут описывать ситуацию, рельеф, гидрологию, геологию, гидрогеологию, кадастровую информацию и т.д.

На этапе проектирования на стадиях проектной и рабочей документации с разной степенью детализации разрабатывается 3D-модель проектного решения. В данной модели, например, на стадии проектной документации для балки пролётного строения будут определены пространственные ко-

На этапе строительства автомобильных дорог САУ 3D позволяет контролировать строительный процесс и управлять производственным процессом, а также формировать 3D-модель результата строительства (инженерную цифровую модель проектного решения) с учётом возможных изменений проектной документации в процессе строительства.

ординаты всех её точек, а на стадии рабочей документации уже в балке пролётного строения будут также показаны все пучки арматуры и арматурных сеток.

На сегодняшний день дорожные организации Российской Федерации проектируют автомобильные дороги в САПР АД, результаты проектирования переводят (конвертируют) в форматы программного обеспечения САУ 3D или проектируют сразу в САПР AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США). Планировочные решения на этапах территориального планирования и планировки территории выполняются в среде SpacEyes 3D (SpacEyes, Франция).

На этапе строительства автомобильных дорог САУ 3D позволяет контролировать строительный процесс и управлять производственным процессом, а также формировать 3D-модель результата строительства (инженерную цифровую модель проектного решения) с учётом возможных изменений проектной документации в процессе строительства.

Сравнивая САУ 3D с применением роботизированного тахеометра и приёмников ГНСС, можно убедиться, что спутниковая система применяется для производства земляных работ на объектах, где необходимо обеспечить перемещение больших объёмов грунта и быстро формировать поверхности, например, на начальных этапах строительства дорог, а также при строительстве сложных объектов (например, транспортных развязок). В то время как роботизированный электронный тахеометр предназначен для выполнения высокоточных работ по формированию основания, фрезерованию и укладке асфальтобетонного или цементобетонного покрытия.

3D-системы моделирования и автоматического управления дорожно-строительной техникой позволяют решать многие задачи, связанные

с передачей бумажных данных и реализацией проекта, полностью отказаться от разбивочных работ, исключить человеческий фактор, увеличить точность и качество выполняемых работ, сократить расход материала, уменьшить сметную стоимость работ, а также значительно усовершенствовать и ускорить процесс дорожно-строительных работ.

Анализ существующего опыта применения САУ 3D различными строительными организациями как за рубежом, так и Российской Федерации показал на этапах строительства следующие основные преимущества:

- повышение производительности до 70%;
- сокращение сроков выполнения работ в 1,5–2 раза;
- экономия денежных средств до 50%.

На этапах эксплуатации при реконструкции, капитальном ремонте, и ремонте автомобильной дороги наряду с мониторингом состояния автомобильной дороги (изменение пространственного положения элементов автомобильной дороги), появляется возможность при подготовке проектной документации существенно повысить производительность работ на основе использования уже имеющихся 3D-моделей автомобильной дороги (ИЦММ+ИЦМП).

## Анализ нормативной базы

Для формирования условий и эффективного внедрения систем 3D-моделирования, проектирования и автоматического управления дорожно-строительной техникой по заданию Федерального дорожного агентства сотрудниками ФГБУ «РОСДОРНИИ» был выполнен детальный анализ существующих нормативно-правовых и нормативно-технических документов, которые устанавливают правила и требования к процессу осуществления изыскательской, проектной, строи-



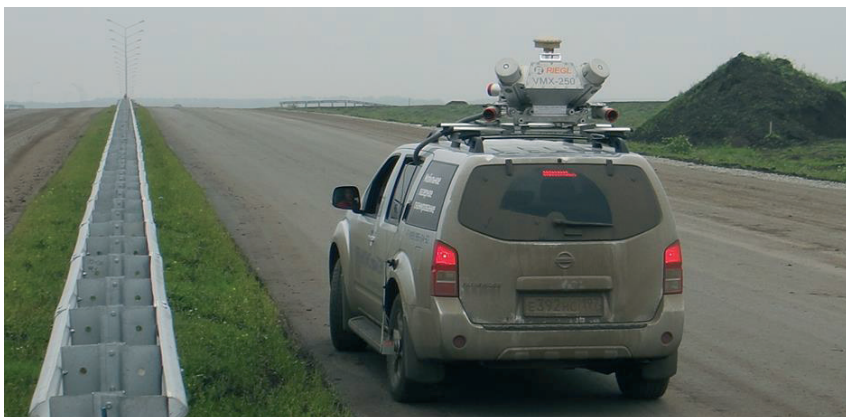


Рис. 1. Мобильное лазерное сканирование, выполняемое компанией НИПИСтройТЭК с помощью системы VMX-250

тельной деятельности и эксплуатации автомобильных дорог в Российской Федерации:

- рассмотрены нормативно-правовые документы;
- проанализированы документы по инженерно-геодезическим изысканиям на предмет использования новейших технологий и приборов в процессе изыскания и составления ИЦММ;
- рассмотрены правила и требования к процессам планирования и проектирования автомобильных дорог. Проведён анализ на наличие требований к планированию и проектированию для систем 3D-моделирования;
- проанализированы документы на наличие норм и правил применения 3D-систем автоматического управления дорожно-строительной техникой (CAU 3D ДСТ) при строительстве, реконструкции и ремонтах автомобильных дорог;
- рассмотрены методы и решения с использованием CAU 3D, применяемые в процессе содержания автомобильных дорог;

■ выполнен анализ сборников базовых цен, строительных норм и расценок на различные виды дорожно-строительных работ, предусматривающие применение новейшего геодезического оборудования, программ САПР АД и CAU 3D ДСТ.

Выявлено, что в нормативном документе на инженерные изыскания СП 47.13330.2012 [1] сделан акцент на применении новейшего оборудования в геодезической отрасли и создании ИЦММ. При этом заказчик должен предусмотреть в техническом задании требования и критерии предоставления результатов инженерно-геодезических изысканий как трёхмерной модели инженерно-топографического плана. Однако в своде правил не указано, что ИЦММ должна быть пригодна для использования в CAU 3D на протяжении всего жизненного цикла объекта (например, автомобильной дороги), в каких форматах она создаётся, для какого программного обеспечения предназначена в дальнейшем использовании. Здесь важно видеть

возможности развития программного обеспечения на срок службы объекта, возможности последующего конвертирования ИЦММ в более совершенные программные среды.

В данном своде правил [1] представлены требования к точности выполнения топографической съёмки, а также к определению планово-высотного положения ситуации и рельефа местности в ИЦММ. Но для создания качественной и полноценной ИЦММ этих данных недостаточно, а точность определения высотных отметок рельефа, по нашему мнению, очень мала. Следовательно, необходимо установить требования к топографической съёмке, съёмке профилей, точности определения планово-высотных координат дорожного полотна, рельефа и объектов инфраструктуры.

При анализе документа было выявлено отсутствие требований к процессу инженерно-геодезических изысканий для создания ИЦММ, которая бы отвечала всем необходимым требованиям для CAU 3D в жизненном цикле

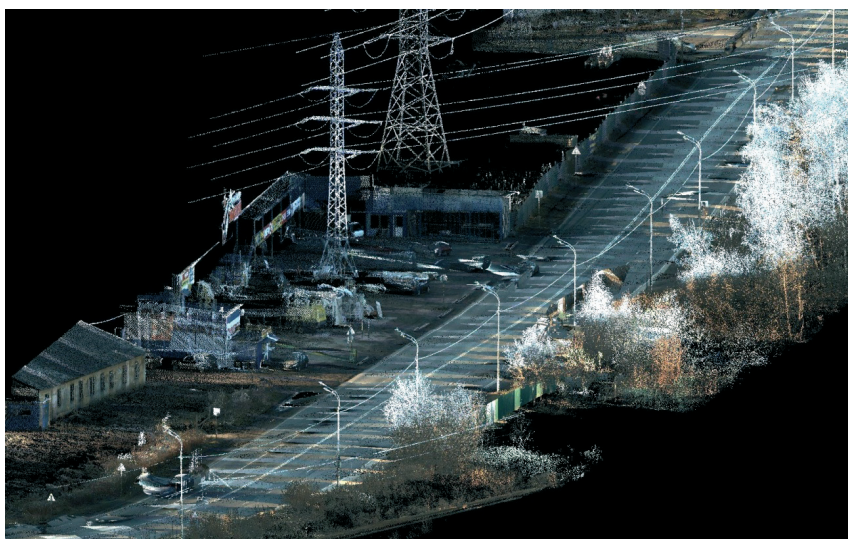


Рис. 2. Облако точек по результатам лазерного сканирования

---

...эффективность работы САУ 3D начинается с этапа планировки территории под размещение автомобильной дороги, так как выбор трассы во многом будет определять последующие затраты как в процессе строительства, так и при эксплуатации объекта.

---

автомобильной дороги. Получается, что требования к предоставлению инженерно-топографического плана как ИЦММ должен указывать заказчик в задании самостоятельно, опираясь на свои знания и опыт, с указанием ссылок на нормативные документы, регламентирующие данные требования.

Предлагается предусмотреть материалы по созданию пунктов геодезической основы, необходимых для применения САУ 3D ДСТ. Более того, предлагается внести требования по созданию и предоставлению ИЦММ, необходимой для проектирования автомобильных дорог, для последующего использования в САУ 3D ДСТ.

ГОСТом Р 21.1101–2013 [2] проектная документация предусматривается к разработке как в бумажном, так и в электронном виде на усмотрение заказчика. Речь о дальнейшем использовании чертежей в электронном виде на последующих этапах строительства и эксплуатации автомобильной дороги, к сожалению, не идёт. Более того, ничего не сказано и о форматах, которые бы позволили использовать электронную модель в САУ 3D ДСТ. Остаётся надеяться на техническую грамотность каждого отдельного заказчика, которая позволит решить перечисленные вопросы в пользу САУ 3D ДСТ. При этом важное значение будет отводиться и наличию аргументированных прогнозов развития САУ 3D.

В нормативном документе на проектирование СП 34.13330.2012 [3], к сожалению, речь не идёт ни о конечном продукте проектирования — ИЦМП автомобильной дороги, ни о требованиях, предъявляемых к ней.

Приказ Министерства транспорта РФ № 199 от 6 июля 2012 г. [4] отражает порядок подготовки документации

по планировке территории для размещения автомобильных дорог общего пользования федерального значения. Однако в нём ни слова не говорится о применении 3D-технологий как в процессе разработки проекта, так и в дальнейшем использовании материалов планировки территории в жизненном цикле автомобильной дороги (например, при последующей реконструкции дороги). В то время как эффективность работы САУ 3D начинается с этапа планировки территории под размещение автомобильной дороги, так как выбор трассы во многом будет определять последующие затраты как в процессе строительства, так и при эксплуатации объекта.

В нормативном геодезическом документе СП 126.13330.2012 [5] не уделено внимание исполнительной съёмке в 3D, которая позволила бы контролировать состояние автомобильной дороги в течение всего её жизненного цикла при эксплуатации, анализировать состояние автомобильной дороги на этапах реконструкции, капитального ремонта и ремонта.

Нормативные документы по строительству СП 78.13330.2012 [6] и СП 45.13330.2012 [7] не содержат информации о применении САУ 3D ДСТ, что сильно сдерживает их применение в дорожном строительстве, так как не определены нормы времени на выполнение технологических операций, что не позволяет планировать организацию дорожно-строительных работ на объектах.

Анализ СБЦ–2004 [8] показал, что в документ следует внести новые расценки на современные методики измерений, такие как лазерное сканирование (рис. 1, 2), использование данных ДЗЗ, а также более широкое применение ГНСС. Кроме того, доку-

мент необходимо дополнить изменениями и в представлении результатов обработки, в частности, на создание и корректировку ИЦММ.

В действующих нормативных документах расценки установлены на давно установившиеся методы и способы проведения строительно-монтажных работ, осуществляемых с применением устаревших (традиционных) методов и оборудования. Отсутствуют расценки на применение компьютерных технологий и САУ 3D ДСТ, поэтому необходимо и целесообразно внести своевременные дополнения.

Справочник базовых цен на проектные работы для строительства автомобильных дорог [9] также не содержит цен при выполнении проектирования в трёхмерном пространстве с получением моделей для использования в САУ 3D ДСТ. Отсутствуют расценки на подготовку и корректировку ИЦМП.

По итогам проведённого анализа было выявлено практически полное отсутствие нормативной базы для применения 3D-систем в проектировании и строительстве автомобильных дорог, в том числе отсутствие требований, предъявляемых к современным методам получения и применения топографо-геодезических данных для использования в САУ 3D.

Одним из документов, которые на сегодняшний день могут быть рекомендованы к использованию, является ГОСТ Р 21.1101–2013 [2], предусматривающий представление проектной документации в электронном виде. Данный стандарт может быть рекомендован к включению заказчиком в перечень обязательной нормативно-технической документации. Для этого он должен быть указан в технических заданиях на проектирование, с последующим представлением в тек-

сте задания требований к программному обеспечению и форматам для последующего применения в САУ 3D и специфике чертежей дорожной проектной документации.

За рубежом технологии информационного моделирования и управления изделием (BIM и PLM), схожие с САУ 3D, подкреплены действующими стандартами ISO 16739 и ISO 10303. Однако правила информационного моделирования градостроительной деятельности (промышленных и гражданских зданий) не могут быть перенесены на автомобильные дороги из-за специфики линейных объектов [10–13].

Всё вышеизложенное свидетельствует о том, что отсутствие нормативно-правовой и нормативно-технической документации существенно тормозит развитие дорожной отрасли, не способствует увеличению эффективности вложенных затрат и не повышает качество дорожно-строительных работ на фоне прогрессивно развивающихся зарубежных дорожных организаций.

В настоящее время большое количество дорожно-строительных организаций и проектных учреждений Российской Федерации начинают использовать 3D-технологии в проектировании и строительстве автомобильных дорог и объектов инфраструктуры. Однако полноценное и полноценное использование данных технологий не представляется возможным из-за отсутствия соответствующей нормативно-правовой и нормативно-технической баз по инженерным изысканиям, планированию, проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог.

Семейство ГОСТ Р ИСО 10303 по системам автоматизации производства и их интеграции в какой-то мере отображает общие требования к изделиям, но только для машиностроительной отрасли. Отраслевую специфику автомобильных дорог данные документы не отражают и могут быть использованы только в общих подходах к системам моделирования, автоматизированного проектирования и САУ 3D.

## Рекомендации по разработке нормативной базы

Первым нормативом, по нашему мнению, должен быть документ, содержащий основные термины и понятия, используемые в системах моделирования, автоматического проектирования и САУ 3D, с учётом последующего обмена информационными моделями в рамках жизненного цикла автомобильной дороги.

На основе выполненного анализа для устранения нормативных барьеров представляется целесообразным разработать новый государственный стандарт (или свод правил), который будет содержать все необходимые единые требования для осуществления дорожно-строительной деятель-

ности с применением систем моделирования, автоматизированного проектирования и автоматического управления 3D в течение жизненного цикла автомобильной дороги. Стандарт может иметь следующее название: «Дороги автомобильные общего пользования. Общие требования к проектированию, строительству и содержанию с использованием САУ 3D».

В состав вышеупомянутого документа должны войти следующие разделы:

- территориальное планирование;
- планировка территории под размещение автомобильной дороги;
- инженерные изыскания;
- разработка проектной и рабочей документации;
- подготовка проектов организации строительства и проектов производства работ;
- управление дорожно-строительной техникой, временем и ресурсами;
- авторский надзор и строительный контроль;
- приёмочная диагностика и исполнительная съёмка;
- управление земельно-имущественным комплексом;
- содержание;
- управление производством (интеллектуальные транспортные системы, автоматизированная система управления дорожными данными, базы дорожных данных);
- мониторинг состояния;
- планирование ремонтов и реконструкции.

---

**...правила информационного моделирования градостроительной деятельности (промышленных и гражданских зданий) не могут быть перенесены на автомобильные дороги из-за специфики линейных объектов.**

---

Внесение дополнений и изменений в каждый действующий нормативно-технический документ (их более 50) — не эффективный путь решения вопроса. Указанный путь не позволит систематизировать и взаимно увязать весь технологический процесс применения САУ 3D от планирования до ликвидации объекта в жизненном цикле автомобильной дороги. Если идти по данному пути, то каждый отдельный документ будут дополнять специалисты по одному из направлений (например, изыскатели, проектировщики, строители либо экономисты и т.д.), которые зачастую не могут «видеть» весь комплекс САУ 3D в целом.

В развитие и в полном соответствии с предлагаемым выше стандартом (сводом правил) для каждой стадии жизненного цикла должны быть предусмотрены свои взаимовязанные нормативно-технические документы (например, отраслевые дорожные методики):



- инженерные изыскания для 3D-моделирования;
- планирование и проектирование автомобильных дорог для САУ 3D;
- применение САУ 3D при строительстве автомобильных дорог;
- применение САУ 3D при управлении автомобильными дорогами;
- применение САУ 3D при эксплуатации автомобильных дорог;
- нормы времени и расценки на выполнение проектно-изыскательских и дорожно-строительных работ с использованием инновационных технологий САУ 3D.

Например, в ОДМ «Инженерные изыскания для 3D-моделирования» должны быть включены, помимо традиционных способов и методов изыскания и проектирования, следующие технические рекомендации:

- по плотности, точности измерений, условиям закрепления пунктов геодезической основы при применении САУ 3D ДСТ;
- по применению методов лазерного сканирования (рис. 1, 2) при выполнении инженерных изысканий на автомобильных дорогах;
- по использованию данных ДЗЗ, в том числе и беспилотных летательных аппаратов;
- по применению методов ГНСС для определения трёхмерных координат точек;
- по созданию ИЦММ для планировки территории и разработки проектных решений, используемых в 3D-системах;
- по требованиям к программному обеспечению для возможности последующего использования ИЦММ при трёхмерном проектировании, строительстве, управлении и эксплуатации автомобильных дорог.

Для качественной подготовки нормативно-технической базы для применения систем моделирования и автоматического управления 3D целесообразно выполнить несколько пилотных проектов, начиная с этапа планирования территории под размещение автомобильной дороги хотя бы до выполнения исполнительной съёмки после завершения строительства.

## Заключение

1. Для формирования условий и эффективного внедрения систем 3D-моделирования, проектирования

и автоматического управления дорожно-строительной техникой был выполнен детальный анализ существующих нормативно-правовых и нормативно-технических документов. Было выявлено практически полное отсутствие нормативной базы для применения 3D-систем в проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог.

2. В настоящее время большое количество дорожно-строительных организаций и проектных учреждений Российской Федерации начинают широко использовать технологии 3D в проектировании и строительстве автомобильных дорог и объектов инфраструктуры. Дорожные организации не имеют возможности полноценного и полноценного использования данных технологий из-за отсутствия соответствующей нормативно-правовой и нормативно-технической базы по инженерным изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог.

3. Для устранения нормативных барьеров необходимо разработать новый государственный стандарт «Дороги автомобильные общего пользования. Общие требования к изысканиям, проектированию, строительству и содержанию с использованием САУ 3D», который будет содержать все необходимые требования для осуществления дорожно-строительной деятельности с применением систем моделирования, автоматизированного проектирования и автоматического управления 3D в течение жизненного цикла автомобильной дороги. В развитие указанного стандарта для каждого этапа жизненного цикла должны быть предусмотрены свои взаимоувязанные нормативно-технические документы (например, отраслевые дорожные методики).

4. Формирование нормативной базы для САУ 3D будет серьёзным шагом вперёд по повышению эффективности и качества дорожно-строительных работ. ■

## Литература:

1. СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96».
2. ГОСТ Р 21.1101-2013 «Основные требования к проектной и рабочей документации».

3. СП 34.13330.2012. «Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85».
4. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации N 199 от 6 июля 2012 г. «Об утверждении Порядка подготовки документации по планировке территории, предназначенной для размещения автомобильных дорог общего пользования федерального значения».
5. СП 126.13330.2012 «Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84».
6. СП 78.13330. 2012 «Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85».
7. СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87».
8. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно-геодезические изыскания.
9. Справочник базовых цен на проектные работы для строительства. Автомобильные дороги общего пользования.
10. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 6-7.
11. Сковцов 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.
12. Сковцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 12-21.
13. Сковцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 22-32.

# Предпосылки зарождения BIM в ФКУ Упрдор «Алтай»

Долинский Я.А., начальник ФКУ Упрдор «Алтай» (г. Барнаул)  
Елугачёв П.А., к.т.н., директор ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

*Рассматривается вопрос практического применения САПР и ГИС в управлении федеральными автомобильными дорогами Алтайского края и Республики Алтай. За счёт успешности их применения в последние годы, по мнению авторов, в ФКУ Упрдор «Алтай» имеются все предпосылки для развёртывания BIM.*

ФКУ Упрдор «Алтай» в соответствии с законодательством Российской Федерации осуществляет исполнение части функций государственного заказчика (заказчика-застройщика) в области строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта и содержания автомобильных дорог общего пользования федерального значения и искусственных сооружений на них, в том числе, организацию конкурсов на право заключения государственных контрактов, заключение государственных контрактов с победителями конкурса в объёме доведённых в расходных расписаниях лимитов бюджетных обязательств, а также в области обеспечения бесперебойного и безопасного движения транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования федерального значения.

Представленный выше перечень задач управления не является исчерпывающим. Чтобы решать все эти задачи, необходима хорошо от-

лаженная структура управления, современные средства хранения, обработки, передачи данных, быстрая и простая взаимосвязь между отделами, единый формат обмена данными, преимущественно электронный документооборот и профессиональные кадры. Всё перечисленное — это составляющие BIM [1–4].

ФКУ Упрдор «Алтай» всегда было пионером в области применения инновационных технологий в изысканиях, проектировании, строительстве и содержании автомобильных дорог, и на сегодняшний день есть серьёзные результаты, речь о которых пойдёт ниже.

Начать стоит с организационной структуры управления ФКУ Упрдор «Алтай», которая за это время показала эффективную и слаженную работу (рис. 1). Для оперативной работы отделы внутри структуры должны оперативно взаимодействовать одновременно по множеству задач. Рассмотрим практическую задачу выполнения

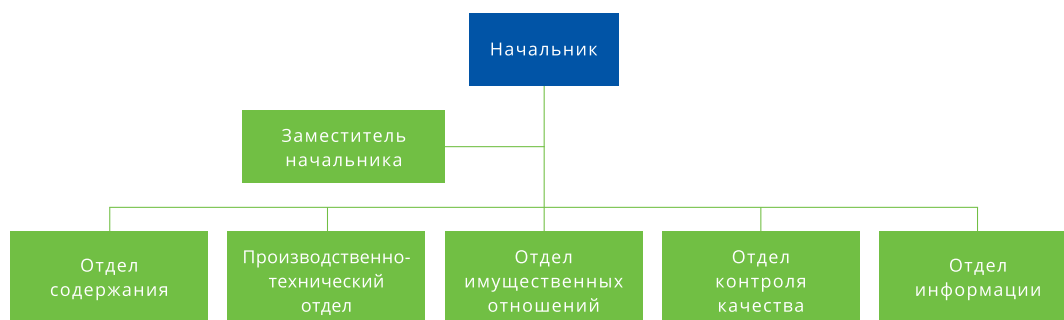


Рис. 1. Структура управления ФКУ Упрдор «Алтай»

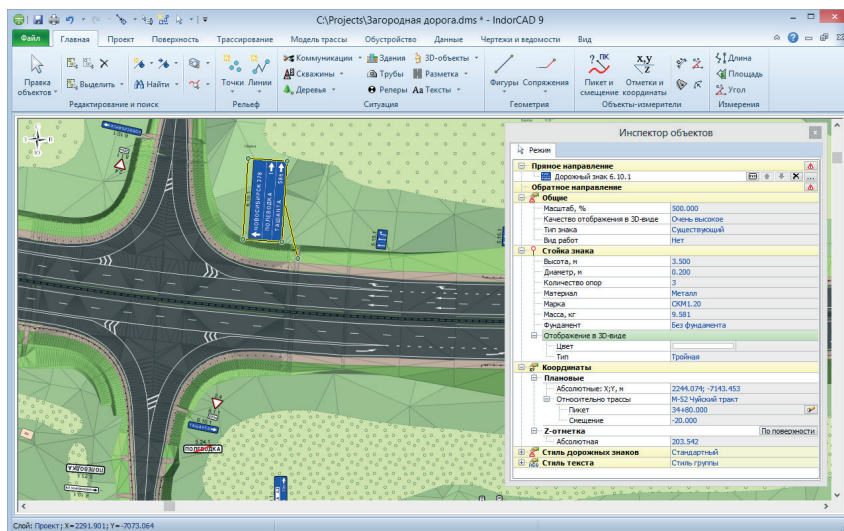


Рис. 2. Атрибутивная информация запроецированного знака в IndorCAD

согласования проектного решения в рамках ремонта автомобильной дороги. При решении данной задачи возникает проблема обмена данными внутри структуры. То есть одновременно согласование проводят отдел содержания (хорошо знает дефекты), производственно-технический отдел (проверяет грамотность проектных решений), отдел имущественных отношений (проверяет размещение земельных участков).

Традиционное решение такой задачи — это размножение бумажных экземпляров документации, которые должны пройти через отделы управления для согласования.

Решение, которое нашли для себя мы — использование системы автоматизированного проектирования (САПР) для обмена проектными данными. В результате все участники процесса согласования (рис. 1) имеют доступ к файлу с проектом, им остаётся только поставить визу на сопроводительном документе. С одной стороны, мы нашли решение, с другой стороны — САПР не предназначена для хранения всей необходимой информации (атрибутов), например, информации по обследованию автомобильной дороги, аварийности на участке ремонта или инженерным изысканиям прошлых лет, которая может являться решающей при назначении работ по ремонту. И здесь возникает необходимость в использовании ГИС (геоинформационных систем) автомобильных дорог.

С точки зрения управления нам удобно требовать от подрядчика проектно-изыскательских работ выпол-

нение проекта в конкретной САПР. Но с правовой точки зрения мы этого сделать не можем, потому что теряется конкурентноспособность, а значит, нарушаются принципы обеспечения конкуренции (Федеральный закон №44, статья 8).

На сегодняшний день существует множество САПР, имеющих совершенно разный формат данных. Использование их одновременно приводит к хаосу в управлении. Получается так, что мы вроде и используем САПР и ГИС, но и получаем не то, что нам нужно. По нашему мнению, необходимо на уровне технического регулирования закрепить необходимые форматы, которые позволят обмениваться данными между САПР и осуществлять передачу данных в ГИС.

В ходе разработки проектно-сметной документации, прохождения экспертизы, выполнения строительно-монтажных работ, строительного надзора, содержания образуется огромный документооборот, который является причиной необходимости содержания бумажных архивов. И самое главное, по законодательству мы вынуждены хранить архивы долгое время, так как, с одной стороны, данные могут понадобиться для поиска объёма и сроков гарантийных обязательств подрядчика, с другой стороны — данные могут понадобиться органам надзора за целевым расходованием средств. Как правило, в таких бумажных архивах сложно что-либо найти, да и существуют они в виде разрозненной, порой не актуальной информации. В рамках развития BIM-

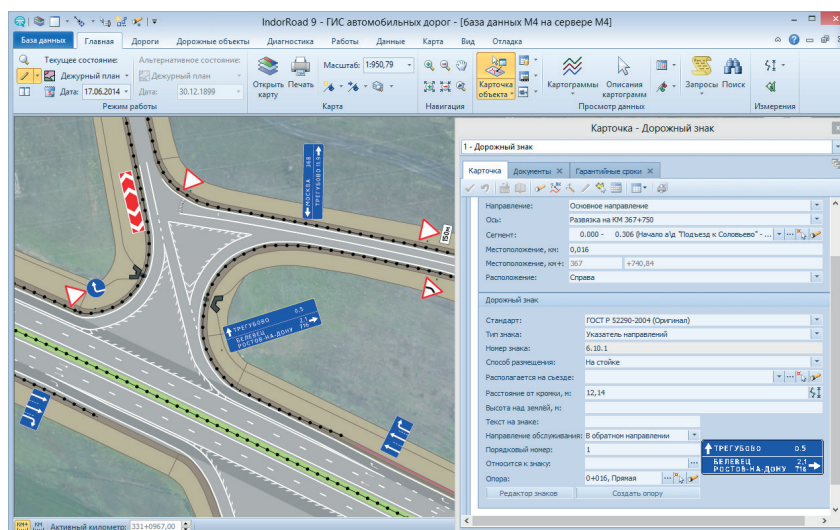
технологии имеет смысл задуматься на законодательном уровне об использовании электронной цифровой подписи, которая могла бы заменить необходимость бумажных форм документов. Тогда и архивы могли бы стать электронными.

В 2013 году по заданию ФКУ Упрдор «Алтай» выполнено три пилотных проекта ремонтов федеральных автомобильных дорог с использованием технологии мобильного лазерного сканирования. Сегодня можно сделать вывод, что данная технология серьёзно сокращает время работ по сбору геодезических данных. Однако требование технического задания по формированию отчётов по инженерным изысканиям в масштабе 1:1000 является, с одной стороны, излишним, с другой стороны — вынужденным, и направлено только на то, чтобы в архиве остались данные по проведённой работе. В ходе получения топографического плана масштаба 1:1000 проектировщик на основе лазерных облаков искусственно ухудшает точность за счёт удаления «лишних» точек для выполнения требований свода правил по проведению инженерно-геодезических изысканий.

Мобильное лазерное сканирование в 2014 году стало обязательной технологией в техническом задании при выполнении проектов ремонта федеральных автомобильных дорог ФКУ Упрдор «Алтай». Работы по проектированию заканчиваются в сентябре 2014 года. Общая длина участков ремонтов составит 120 км. Материалы будут переданы в ПТО в электронный форме в виде облаков точек и проект-



Рис. 3. Атрибутивная информация существующего знака, переданного в эксплуатацию, в IndorRoad



ных решений, выполненных в системе автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD. Эти данные станут фрагментом геоинформационной системы и, тем самым, лягут в основу BIM-технологии.

В качестве примера хочется отметить преимущество пространственного подхода современных САПР не только в единой пространственной модели проекта, но и в атрибутивной информации, которая закладывается уже на уровне проектирования. Например, дорожный знак в IndorCAD — это не просто условное отображение точки на местности, а это библиотечная или настраиваемая модель. При этом знак имеет ГОСТовские наименование и типоразмер, стойку фиксированного размера и формы, берму. Пространственный подход в проектировании позволяет без дополнительных рутинных процедур передавать данные из систем проектирования (рис. 2) в геоинформационные системы (рис. 3). При этом пространственная модель автомобильной дороги, созданная на этапе проектирования, полностью идентична в ГИС.

Использование единой модели данных для ФКУ Упрдор «Алтай» позволяет отслеживать качество выполняемых работ при изысканиях, проектировании, строительстве, строительном контроле, авторском надзоре, содержании.

В связи с тем, что в ПТО и отделе контроля качества имеются модели существующей и проектной поверхностей, появилась возможность выполнения функций приёмочной диагностики силами заказчика. Для этих

целей ФКУ Упрдор «Алтай» приобретён мобильный лазерный сканер. За счёт лазерного сканирования и единого пространственной модели уже удаётся экономить средства и контролировать качество работ.

Зная, что в распоряжении ФКУ Упрдор «Алтай» имеется полноценная пространственная модель, понимая ответственность, подрядчик-застройщик самосовершенствуется и приобретает системы АСУ для строительной техники. Ведь так проще и строить, и сдавать.

Таким образом, выставляя современные требования в техническом задании в рамках проектов ремонтов, мы регулируем вопросы качества за счёт единой модели дороги.

Однако такой инновационный подход пока используется только в проектах ремонтов дорог, где можно подключить и науку, и большой производственный опыт. А вот с капитальными ремонтами, новым строительством и реконструкцией дела обстоят сложнее. Дело в том, что проектная документация в последнем случае проходит экспертизу. Модель хоть и получается точной и единой, но не соответствует требованиям норм (в части обработки и представления данных), что может являться отрицательным фактором при прохождении госэкспертизы.

Если бы на законодательном уровне и уровне технического регулирования утвердить вопрос использования мобильного лазерного сканирования при инженерных изысканиях, формат передачи данных из системы проектирования в геоинформационную систему,

формат передачи данных для прохождения экспертизы проектно-сметной документации, то это позволило бы включать такие требования в технические задания и вписывалось бы в идею BIM-технологии.

Вообще термин BIM-технология для автомобильных дорог неверно применять, так как изначально термин сложился для объектов промышленного и гражданского строительства. Он несёт с собой и особую идеологию моделей данных, которые не могут автоматически применяться для автомобильных дорог. В дорожной отрасли имеет смысл говорить о Road Information Modelling (RIM) — информационном моделировании автомобильных дорог.

Подводя итог, хотелось бы отметить, что предпосылки BIM-технологии (RIM) в ФКУ Упрдор «Алтай» имеются. Осталось обосновать в правовом поле эту амбициозную, на наш взгляд, задачу. ■

#### Литература:

1. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 6–7.
2. Сковцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 8–11.
3. Сковцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 12–21.
4. Мотуз В.О., Сарычев Д.С. Применение лазерного сканирования и 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 12–15.

# Методическое обеспечение автоматизированного проектирования кольцевых пересечений

Поспелов П.И., д.т.н., профессор, первый проректор МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)  
 Щит Б.А., к.т.н., доцент, доцент МАДГТУ (МАДИ), (г. Москва)  
 Овчинников М.А., к.т.н., директор НПФ «Топоматик» (г. Санкт-Петербург)  
 Вершков А.А., инженер НПФ «Топоматик» (г. Санкт-Петербург)  
 Зобнин М.Н., инженер «Autodesk CIS» (г. Москва)  
 Жуков А.В., инженер «Autodesk CIS» (г. Москва)  
 Елугачев П.А., к.т.н., директор ООО «Индор-Мост» (г. Томск)  
 Катасонов М.А., заместитель директора ООО «Индор-Кузбасс» (г. Кемерово)  
 Величко Г.В., к.т.н., главный конструктор компании «Кредо-Диалог» (г. Минск)  
 Сикорская Л.И., инженер компании «Кредо-Диалог» (г. Минск)

*В статье представлены содержание, структура и основные положения проекта «Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог», разработанного в Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ) на кафедре изысканий и проектирования дорог, и особенности проектирования кольцевых пересечений с использованием систем автоматизированного проектирования, получивших наибольшее распространение в дорожных проектных организациях России и стран СНГ: AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США), CREDO («Кредо-Диалог», Беларусь), IndorCAD («ИндорСофт», Томск), Топоматик Robur («Топоматик», Санкт-Петербург).*

Анализ зарубежной практики проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог показывает, что одним из направлений повышения транспортно-эксплуатационных качеств пересечений автомобильных дорог в одном уровне является широкое применение планировочных решений кольцевой организации движения [1]. Так, например, в одном из пригородов Лондона на один квадратный километр территории приходится более трёх кольцевых пересечений [2]. Подобные решения принимаются как на загородных автомобильных дорогах, так и на улично-дорожной сети населённых пунктов.

Распространение кольцевых пересечений за рубежом обусловлено их более высокими транспортно-эксплуатационными качествами по сравнению с другими планировочными решениями по организации движения на пересечениях в одном уровне.

Общепризнано **снижение аварийности** и, особенно, **тяжести** дорожно-транспортных

происшествий на кольцевых пересечениях, что обусловлено пониженными скоростями движения в зоне кольцевых пересечений и меньшей разницей между максимальными и минимальными скоростями транспортных средств при проезде пересечений [2–4]. Проезд кольцевых пересечений осуществляется с меньшими скоростями, и при въезде на пересечение водителям необходимо контролировать только одно направление, в результате чего для выполнения манёвра водители используют меньшие значения граничных интервалов [2]. Это обстоятельство обеспечивает более высокую **пропускную способность** кольцевых пересечений по сравнению с нерегулируемыми. В зарубежной литературе [5] приведены данные, свидетельствующие о нормальной работе кольцевых пересечений при суммарной интенсивности движения на пересекающихся автомобильных дорогах до 80 тыс. авт./сут.

Саморегулируемый и более равномерный проезд кольцевых пересечений способствует сни-

жению **расхода горючего и токсичности выбросов вредных веществ**, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей. Расход горючего при этом сокращается более чем на 25%, а токсичность выбросов вредных веществ (углекислый газ, оксиды азота, окись углерода) — на 15–30% [6]. В результате уменьшения количества остановок автомобилей перед проездом кольцевых пересечений, а следовательно, и необходимости разгона остановившихся автомобилей снижается транспортный шум. Считается, что можно добиться снижения транспортного шума на 2–4 дБА [7].

### Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог

К сожалению, несмотря на явные преимущества кольцевых пересечений и весьма широкое их использование в зарубежной практике, в современных отечественных нормативно-методических документах вопросы проектирования кольцевых пересечений отражены недостаточно полно. Для приведения методического обеспечения проектирования кольцевых пересечений в соответствие с общепринятой международной практикой на кафедре изысканий и проектирования дорог Московского автомобильно-дорожного технического университета (МАДИ) разработан проект «Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог» (далее «Методические рекомендации») [2, 8]. Актуальность такого методического документа обусловлена также вступлением в силу 20 ноября 2010 г. Постановления Правительства Российской Федерации от 10 мая 2010 г. №316, в котором указано, что *водитель транспортного средства, находящегося на кольцевом пересечении, пользуется преимуществом перед выезжающими на такой перекрёсток транспортными средствами*.

В связи с новыми для отечественных условий представлениями о проектировании кольцевых пересечений в методических рекомендациях большое

внимание уделено вопросам терминологии, в частности уточнены понятия отдельных элементов пересечений и способов организации движения, предложена классификация кольцевых пересечений.

В связи с новыми для отечественных условий представлениями о проектировании кольцевых пересечений в методических рекомендациях большое внимание уделено вопросам терминологии...

Целесообразность применения кольцевых пересечений в методических рекомендациях определена:

- условиями работы пересечений;
- местоположением пересечения;
- интенсивностью движения пересекающихся дорог;
- категориями пересекающихся дорог.

Практика эксплуатации кольцевых пересечений показала, что для обеспечения высокой пропускной способности, удобных и безопасных условий движения недостаточно соблюдать только определённые размеры геометрических элементов. Не менее важны положение каждого из них и их взаимная увязка. В методических рекомендациях сформулированы требования:

- **к центральной части кольцевых пересечений** (диаметр кольцевого пересечения, кольцевая проезжая часть: ширины полос движения и их количество, величина поперечного и продольного уклонов проезжей части; центральный островок: размеры, форма, конструктивное решение; краевая полоса кольцевого пересечения, отделяющая кольцевую проезжую часть от обочины, бортового камня тротуара или разделительной полосы безопасности кольцевого пересечения);
- **к участкам въезда и выезда** (направляющие островки: размеры и форма; конструктивное решение; проезжая часть участков въезда и выезда: ширины полос движения и их количество, радиусы при въезде на кольцевую проезжую часть и выезде с неё);

- **к характеристикам примыкающих направлений** (количество примыкающих направлений, углы между ними; количество полос движения примыкающего направления, ширина полосы движения, длина участка изменения ширины (отгона) проезжей части перед въездом на кольцо,

краевые полосы на участках подходов к кольцевой проезжей части);

- **к дополнительной полосе для выполнения правых поворотов**.

Особое внимание в проекте методических рекомендаций уделено спо-

собам сопряжения проезжих частей и других элементов между собой. Даны рекомендации по размещению тротуаров, пешеходных и велосипедных дорожек, обеспечивающих удобное и безопасное движение велосипедистов и пешеходов, в том числе и мало-мобильных групп населения.

Для оценки условий **видимости** в зоне кольцевых пересечений, наряду с традиционными расчётными схемами расстояний видимости, рекомендована расчётная схема расстояния видимости, проезжаемого за время оценки обстановки, принятия решения о манёвре и его выполнении, применяемая в США с середины 90-х годов (Decision Sight Distance) [9, 10].

Учитывая широкое применение за рубежом кольцевых пересечений в качестве элемента **неполных транспортных развязок**, в проекте методических рекомендаций предложены соответствующие схемы, сокращающие количество конфликтных точек на примыкании съездов к второстепенной дороге, уменьшающие площади, занимаемые развязкой, и сокращающие размеры главного транспортного сооружения [11].

В разделе, посвящённом **реконструкции** пересечений, даны рекомендации по планировке элементов кольцевых пересечений в стеснённых условиях: перепланировка центральной части кольцевого пересечения; размещение элементов подходов (смещение осей подходов и их взаимного расположения); планировка и форма направляющих островков. Даны также рекомендации по планировке мини-кольцевых пересечений.

Поскольку эффективным средством, повышающим удобство и безопасность движения на кольцевых пересечениях, считается **архитектурно-ландшафтное оформление**



их элементов и прилегающей территории, в проекте методических рекомендаций этому аспекту проектирования уделено особое внимание. Даны практические рекомендации по архитектурно-ландшафтному оформлению кольцевых пересечений за счёт вертикального решения центрального островка и выбора материалов отделки его поверхности, по озеленению элементов пересечений, по размещению малых архитектурных форм в зоне пересечения. При этом были учтены климатические условия, характерные для различных регионов России.

Зарубежный опыт проектирования и эксплуатации кольцевых пересечений показал, что их преимущества могут быть реализованы только при детальной проработке вопросов **организации движения**. В соответствующем разделе проекта документа даны рекомендации по нанесению разметки и расстановке дорожных знаков на кольцевых пересечениях. Поскольку в ГОСТ Р 522893–2004 «Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств» отсутствуют типы горизонтальной разметки, которые обязательны для разметки кольцевых пересечений во всех странах, где осуществляется широкая их эксплуатация, предложено дополнить ГОСТ Р 52289–2004 данными типами разметки [8].

Для улучшения условий зрительного ориентирования водителей транспортных средств и повышения

безопасности дорожного движения в тёмное время суток в проект методических рекомендаций включён раздел «Освещение кольцевых пересечений».

Для оценки планировочного решения, аварийности, пропускной способности и потерь времени на кольцевых пересечениях в проекте рекомендованы соответствующие расчётные схемы и формулы. Поскольку основными геометрическими параметрами, определяющими режимы проезда кольцевых пересечений, являются угол въезда на кольцевую проезжую часть и траектории свободного проезда пересечения, даны рекомендации по их определению и указаны их оптимальные значения.

Представлена последовательность выполнения расчётов для технико-экономического обоснования и сравнения вариантов пересечений. Приведены основные экономические показатели, указаны исходные данные для технико-экономического сравнения вариантов.

Для повышения качества проектных решений кольцевых пересечений включён раздел, в котором представлены возможности проектирования кольцевых пересечений с использованием систем автоматизированного проектирования, получивших наибольшее распространение в дорожных проектных организациях России и стран СНГ: AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США), CREDO («Кредо-Диалог», Беларусь), IndorCAD («ИндорСофт», Томск), Топоматик Robur («Топоматик»,

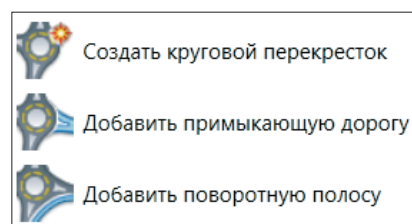


Рис. 1. Фрагмент интерфейса AutoCAD Civil 3D для интерактивного проектирования кольцевых пересечений

Санкт-Петербург). В данной статье представлены материалы этого раздела методических рекомендаций, подготовленные при участии разработчиков указанных САПР.

### Автоматизированная планировка кольцевых пересечений с использованием AutoCAD Civil 3D

В российской локализованной версии AutoCAD Civil 3D кольцевое пересечение определено как «круговой перекрёсток», и его плановое положение проектируется с использованием внутренней команды «CreateRoundabout». Предусмотрено добавление примыкающих направлений и правоповоротной полосы с помощью команд «\_AddApproach» и «\_AddTurnSlipLane» (рис. 1).

Интерактивное проектирование кольцевых пересечений осуществляется в последовательности, изложенной ниже.

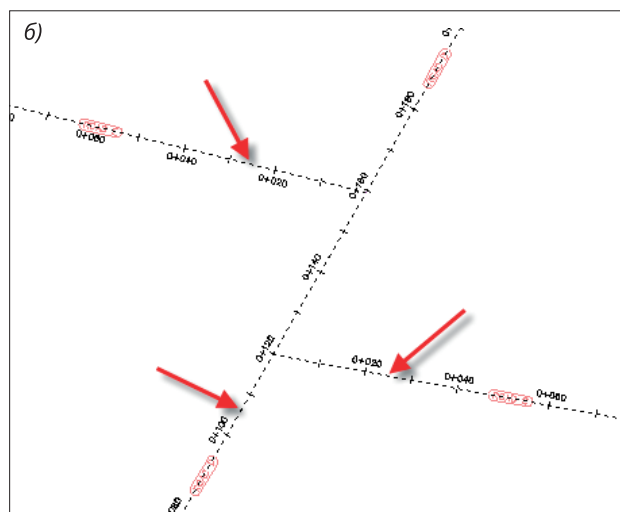
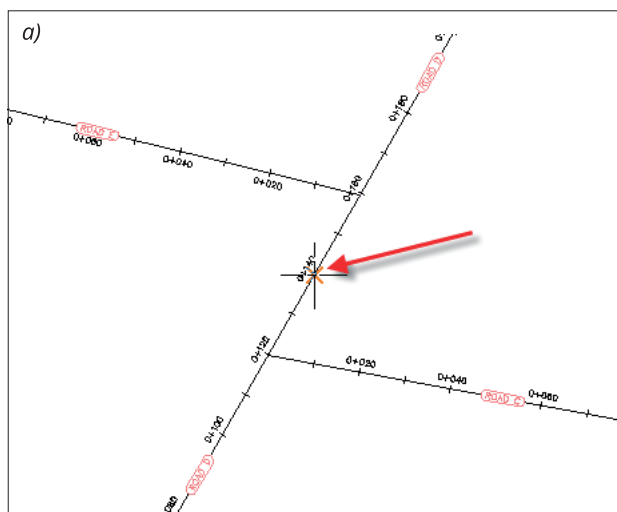


Рис. 2. Проектирование кольцевых пересечений в AutoCAD Civil 3D.

Стрелками показано положение фиксации курсора: а) при выборе центра кольцевого пересечения; б) при обозначении дорог, примыкающих к кольцевому пересечению

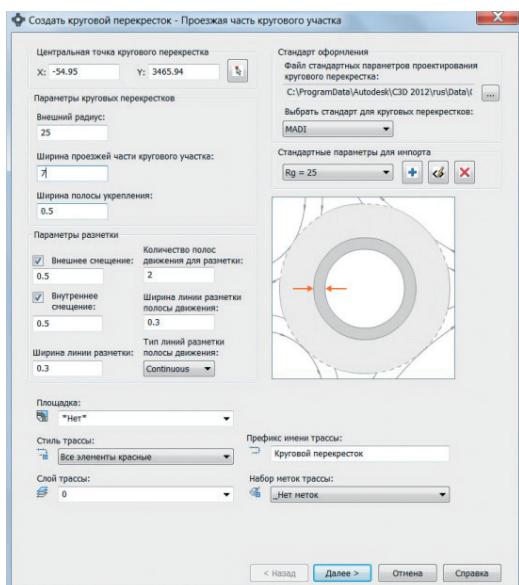


Рис. 3. Диалоговое окно для назначения геометрических характеристик проезжей части кольцевого пересечения

Чтобы задать центральную точку кольцевого пересечения, на вкладке «Главная» панели «Создать проектные данные» из раскрывающегося списка «Перекрёстки» выбирается пункт «Создать круговой перекрёсток» (рис. 2).

В диалоговом окне «Создать круговой перекрёсток» (рис. 3) назначаются геометрические размеры элементов проектируемого пересечения.

На данном этапе указываются следующие параметры: внешний радиус кольцевой проезжей части; ширина кольцевой проезжей части; при необходимости — ширина краевой полосы центрального островка для движения грузовых автомобилей; ширины разделительных полос, отделяющих кольцевую проезжую часть от обочины (бордюрного камня тротуара) и от разделительно-направляющих островков; линии разметки проезжей части; положение дорожных знаков; стиль отображения на плане характерных линий.

Аналогично указываются геометрические параметры примыкающих направлений (ширина проезжей части, длина и геометрические характеристики участка изменения ширины). Полученное плановое решение кольцевого пересечения представлено на рис. 4.

Для добавления участка, примыкающего к кольцевой проезжей части, на вкладке «Главная» панели «Создать проектные данные» в раскрывающемся списке «Перекрёстки» выбирается пункт «Добавить примыкающую дорогу» и указывается примыкающее направление. Окончательное плановое решение показано на рис. 5.

При необходимости может быть добавлена обособленная правоповоротная полоса. Для этого на вкладке «Главная» панели «Создать про-

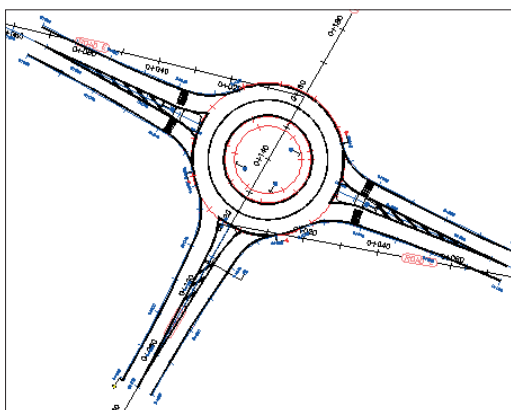


Рис. 4. Плановое решение кольцевого пересечения

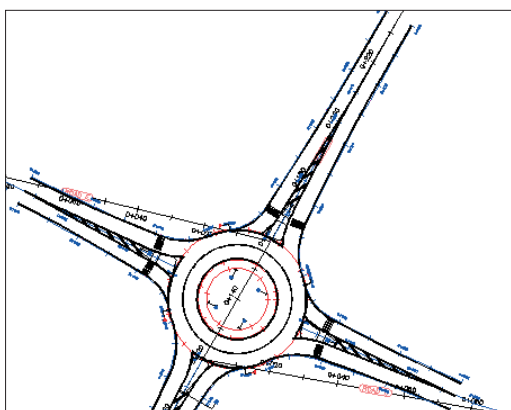


Рис. 5. Плановое решение кольцевого пересечения с добавленным примыкающим направлением

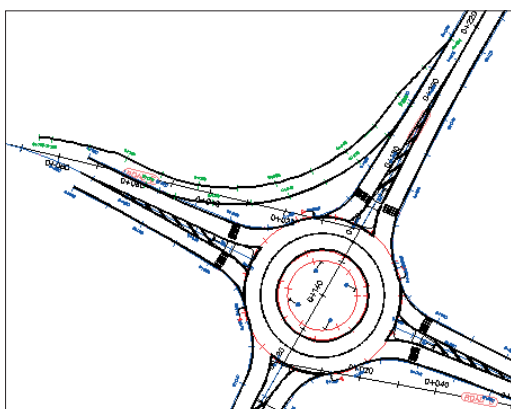


Рис. 6. Плановое решение кольцевого пересечения с обособленной правоповоротной полосой

ектные данные» в раскрывающемся списке «Перекрёстки» выбирается пункт «Добавить поворотную полосу». В процессе работы происходит автоматизированное нанесение дорожной разметки и установка дорожных знаков, результат показан на рис. 6.

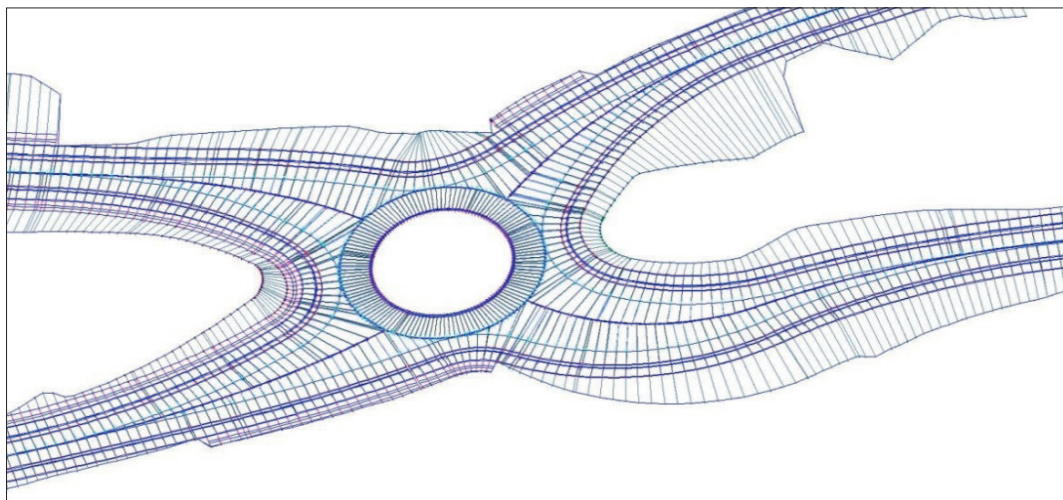
Для объёмного проектирования и создания 3D-модели кольцевого пересечения используется функционал программы по созданию коридоров.

Построение коридора кольцевого пересечения выполняется в следующей последовательности:

1. Создаются трассы по направлениям (примыкающим и круговому).
2. По созданным трассам строятся профили.
3. Создаётся конструкция (поперечные профили) для участков кольцевого пересечения.
4. Строится коридор (рис. 7).

Для отображения проектных горизонталей на вертикальной планировке кольцевого

Рис. 7. Модель  
коридора  
кольцевого  
пересечения



Любые изменения модели коридора или конструкций (поперечных профилей) будут приводить к автоматическому перестроению поверхностей и пересчёту объёмов земляных работ, картограммы и обновлению всех таблиц с объёмами материалов дорожной одежды.

пересечения создаётся динамическая поверхность со стилем отображения «проектные горизонталы».

Для вычисления объёмов земляных работ используются поверхности коридора и существующей земли. Результат вычисления объёмов земляных работ можно представить в табличном виде или в виде картограммы. Для вычисления объёмов материалов дорожной одежды используется модель коридора с содержащимися в ней кодами слоёв конструкций дороги. Результаты расчёта объёмов материалов дорожной одежды представляются в табличном виде.

При необходимости корректировки положения кольцевого пересечения или его элементов (например, для улучшения условий отвода воды и согласования вертикальной планировки кольцевого пересечения с существующим рельефом или ситуацией) возможно редактирование трассы осей подходов и основных геометрических элементов кольцевого пересечения.

Любые изменения модели коридора или конструкций (поперечных профилей) будут приводить к автоматическому перестроению поверхностей и пересчёту объёмов земляных работ, картограммы и обновлению всех таблиц с объёмами материалов дорожной одежды.

### Проектирование кольцевых пересечений в одном уровне в САПР IndorCAD/Road

Кольцевое пересечение, проектируемое в САПР IndorCAD/Road, представляет собой совокупность определённого количества трасс, увязанных между собой в единую цифровую модель проекта, что позволяет создавать совершенно различные конфигурации кольцевых пересечений.

Основные параметры (исходные данные для проектирования) геометрических элементов кольцевого пересечения определяют в зависимости от расчётной интенсивности движения:

- радиус центрального островка;
- ширину проезжей части на кольце;
- количество полос движения;
- ширины въезда и выезда с кольца;
- количество полос движения на въезде и выезде.

Проектирование кольцевого пересечения осуществляется в следующей последовательности:

1. Трассируют оси пересекающихся автомобильных дорог для определения местоположения центра центрального островка.

2. Трассируют новую трассу «кольцо» (Трасса №1) с постоянным радиусом и моделируют кольцевую проезжую часть (рис. 8а), задавая её проектные данные в инспекторе объектов.

3. С учётом рассчитанных параметров определяют точки начала и конца подхода и выполняют построение въезда и выезда с кольцевого пересечения путём создания новых трасс (Трасса №2 и Трасса №3) (рис. 8б). Далее аналогичным образом производят построение остальных въездов и выездов с кольцевого пересечения.

После трассирования в плане при помощи редакторов продольного и поперечного профилей проектируют профили каждой трассы в отдельности. С учётом принятых геометрических параметров кольцевого пересечения и примыкающих дорог в редакторе поперечного профиля моделируют проезжую часть, обочины, островки безопасности и присыпные бермы (рис. 9).

При помощи специализированного инструмента увязывают поверхности созданных трасс между собой для получения оптимальной



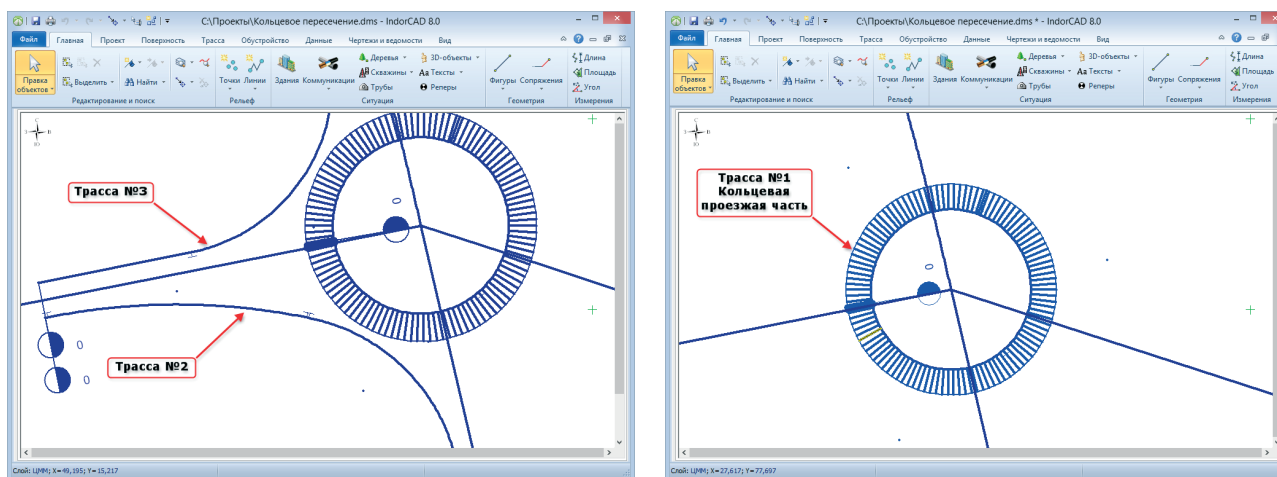


Рис. 8. Трассирование осей

а) пересекающихся дорог и кольцевой проезжей части; б) въездов и выездов с кольцевого пересечения

вертикальной планировки кольцевого пересечения. В САПР IndorCAD/Road имеется возможность на любом этапе проектирования видеть и анализировать проектную поверхность (рис. 10).

На основании раздела 12 методических рекомендаций проектируют организацию движения в зоне **кольцевых пересечений**. В системе IndorCAD/Road реализованы инструменты для проектирования технических средств организации дорожного движения: ограждений и сигнальных столбиков, дорожных знаков и разметки проезжей части.

На любом этапе проектирования кольцевого пересечения в САПР IndorCAD/Road можно формировать, просматривать и оценивать цифровую модель кольцевого пересечения, а так-

же при необходимости записывать видеоролики (рис. 11).

Система IndorCAD/Road предлагает широкий спектр инструментов подготовки бумажной версии проекта: создание чертежей и расчётных ведомостей. В системе IndorCAD/Road все чертежи формируют по единому принципу. В окне предварительного просмотра настраиваются различные параметры чертежа и оценивается результат их применения (рис. 12). Затем подготовленный чертёж может быть распечатан или передан в различные чертёжные системы для дальнейшей компоновки. Чертёж можно экспортировать напрямую в системы IndorDraw, AutoCAD, MicroStation или сохранить в файлы форматов RDW, DWG/DXF, 2D DWF, 3D DWF, PDF, W3C SVG.

Ведомости, формируемые в системе IndorCAD/Road, могут быть экспортированы в программу Microsoft Excel или Open Office Calc в зависимости от того, какая из них установлена на компьютере пользователя, либо распечатаны непосредственно из системы.

### Технология проектирования кольцевых пересечений загородных дорог с использованием комплекса программных продуктов CREDO

Проектирование кольцевого пересечения в программном комплексе CREDO осуществляется в следующей последовательности.

1. В зависимости от расчётной интенсивности движения и имеющих-

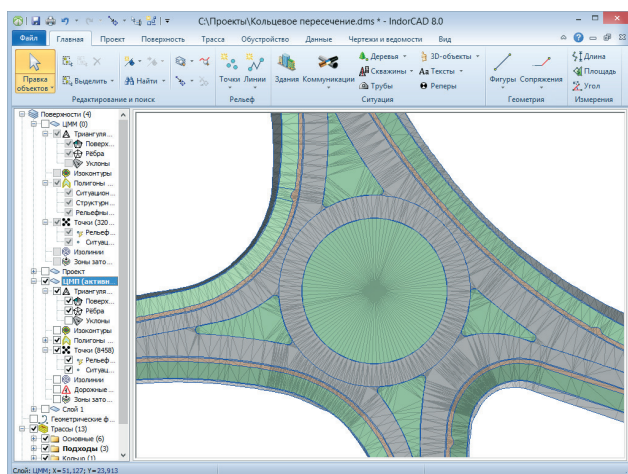


Рис. 9. Модель кольцевого пересечения

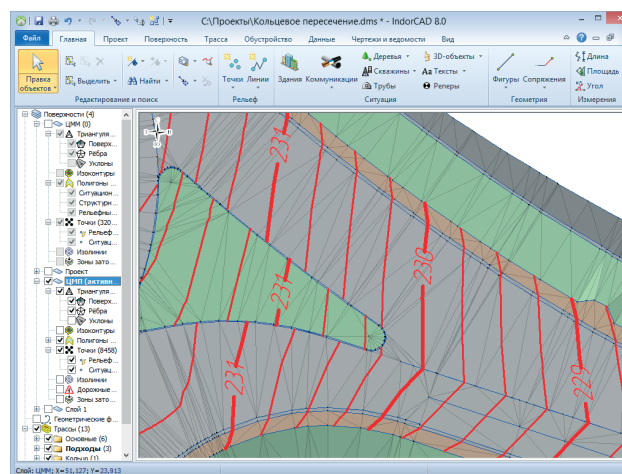


Рис. 10. Вертикальная планировка кольцевого пересечения

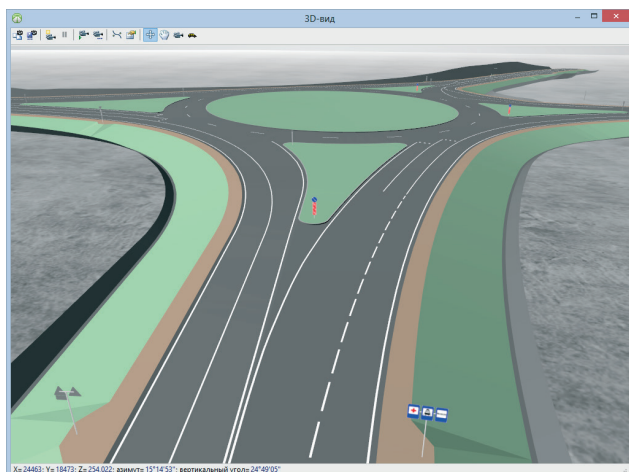


Рис. 11. 3D-вид кольцевого пересечения (цифровая модель)

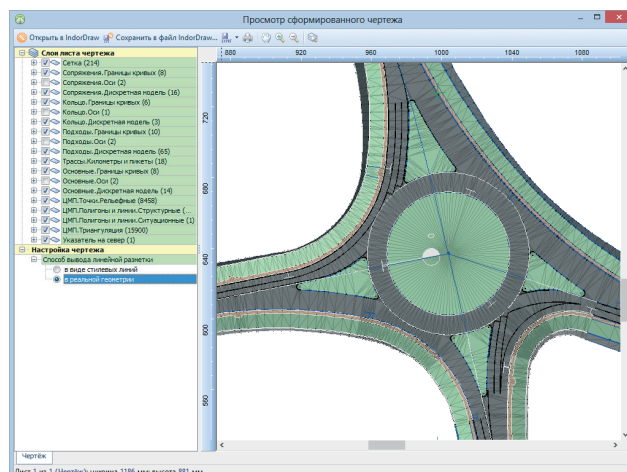


Рис. 12. Окно предварительного просмотра чертежа

ся ограничений определяют внешний диаметр кольцевого пересечения, количество полос движения и ширину проезжей части на кольце и на подходах, а также скорость движения автомобилей на кольце.

2. Вычисляют требуемую величину снижения скорости на подходе к кольцевому пересечению  $\Delta V$  (разница скоростей на участке перед въездом на пересечение и на самом кольце).

3. Проектирование подходов выполняется таким образом, чтобы водитель, приближаясь к кольцевому пересечению, соблюдал безопасный и комфортный режим движения и вовремя начинал выполнять торможение. Для инициации и обеспечения безопасного снижения скорости автомобилей применяют переходные кривые переменной

скорости движения (**VGV\_Kurve**). Такой подход к кольцевому пересечению, как правило, состоит из трех **VGV\_Kurve**, гладко сопряжённых между собой клотоидами (рис. 13).

4. Параметры переходных кривых переменной (**VGV\_Kurve**) и постоянной скорости (клотоиды) определяют с учётом требуемой величины снижения скорости и допустимых норм комфортного и безопасного движения. Для этого применяют программы **Compare\_VGV\_Kurve.exe** и **Design\_VGV\_Kurve.exe**.

Полученные в результате функционального проектирования параметры переходных кривых (рис. 14) определяют итоговую геометрию подхода к кольцевому пересечению.

5. По тем же критериям удобства и безопасности движения, учитывая скорость и радиус

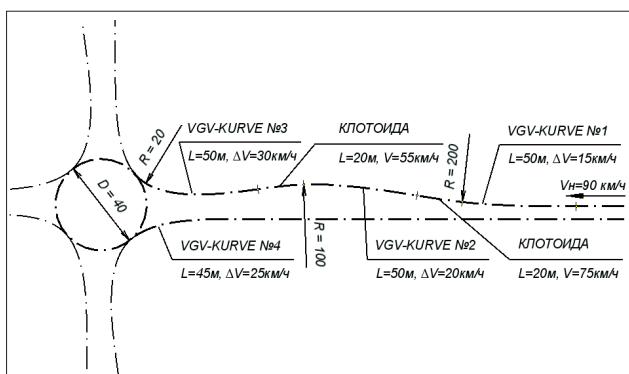


Рис. 13. Проектирование основных элементов кольцевого пересечения и подходов к нему

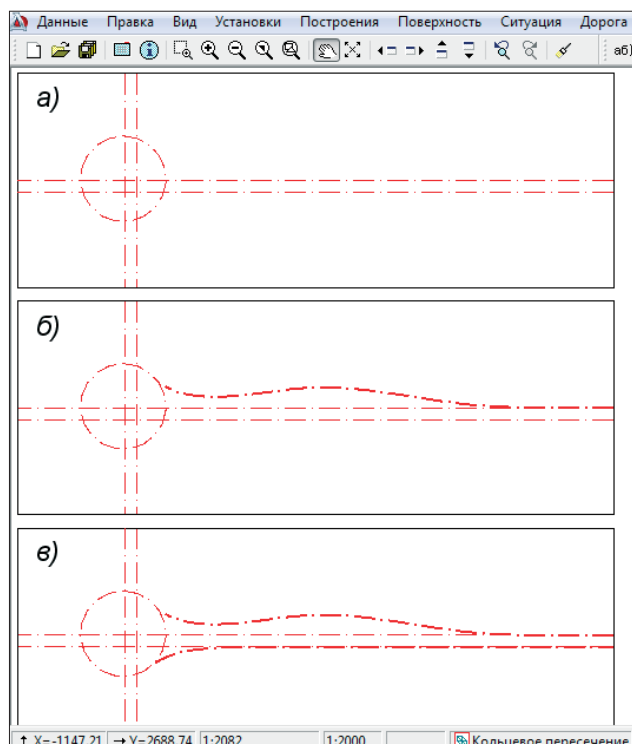


Рис. 14. Этапы (а, б, в) геометрического проектирования в программном комплексе CREDO плана кольцевого пересечения и подходов к нему

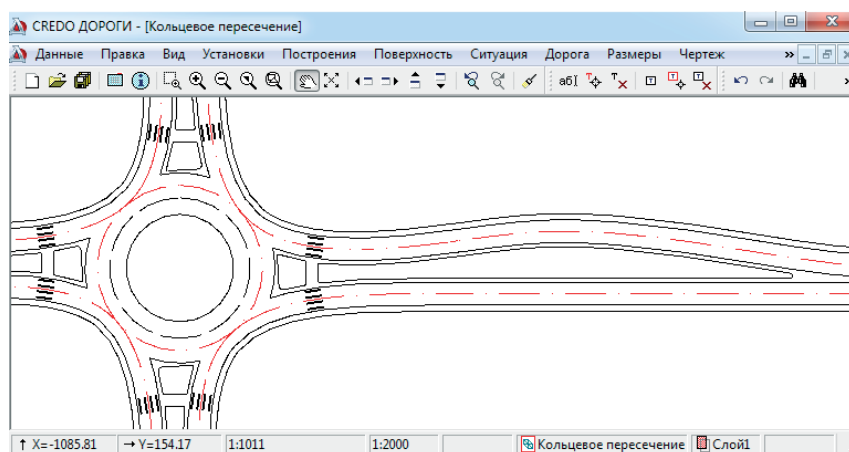


Рис. 15. Кольцевое пересечение с подходами, обеспечивающими снижение скорости перед въездом на кольцо



Рис. 16. 3D-модель кольцевого пересечения, созданная универсальными методами построений в ПП CREDO III

сопряжения клотоиды с **VGV\_Kurve**, определяют конструктивные параметры клотоид.

Окончательное геометрическое проектирование плана кольцевого пересечения выполняется в программном комплексе CREDO (рис. 14):

1. Вначале вычерчиваются оси полос движения примыкающих направлений и ось движения по кольцу (рис. 14а).

2. С учётом рассчитанных параметров тормозных кривых и клотоид определяются точки начала и конца подхода, и выполняется построение въезда на кольцевое пересечение (рис. 14б).

3. После построения въезда на кольцевое пересечение вычисляются параметры кривой **VGV\_Kurve** для выезда с кольца, и выполняется её построение (рис. 14в). Закономерность кривизны траектории выезда с кольца, запроектированная при помощи кривой

**VGV\_Kurve**, согласована со свойственным этому элементу режимом ускоренного движения автомобилей, который применяют водители для скорейшего выезда с кольцевого пересечения.

4. Далее аналогичным образом происходит построение осей движения всех примыкающих направлений.

5. С учётом принятых геометрических параметров кольцевого пересечения и примыкающих дорог моделируется проезжая часть, обочины, пешеходные дорожки, пешеходные переходы и островки безопасности (рис. 15).

6. Вертикальная планировка 3D-модели кольцевого пересечения и её пространственный анализ, а также подготовка соответствующих чертежей и таблиц, включая детальные объёмы работ, обеспечиваются стандартными методами ПП CREDO III (рис. 16).

## Проектирование кольцевых пересечений в программном комплексе Топоматик Robur

В программном комплексе Топоматик Robur для проектирования кольцевых пересечений используется тот же самый функционал, что и для проектирования развязок в разных уровнях. Пространственная модель кольцевого пересечения состоит из набора подобъектов и связанных с ними проектных поверхностей. Подобъект в терминологии Robur — это структура данных, которая определяет план, продольный и поперечный профили трёхмерного объекта коридорного типа. Проектирование ведётся в единой многооконной среде, позволяющей работать одновременно с планом, профилем и поперечниками (рис. 17). При редактировании плана изменяется продольный профиль; изменение профиля влечёт за собой вертикальное смещение поперечников; при работе с поперечниками результат тут же отображается на плане. Топоматик Robur автоматически обеспечивает целостность пространственной модели объекта.

Горизонтальная геометрия кольцевого пересечения задаётся набором осевых линий, состоящих из сопряжённых отрезков прямых, дуг и клотоид. Для построения основных геометрических элементов пересечения, обеспечивающих непрерывное движение в зоне кольцевого пересечения (въезд, движение по кольцевой проезжей части, выезд), предназначен обширный функционал плановых построений.

Кольцевую проезжую часть определяет центральный подобъект, ось которого идёт по радиусу центрального островка (рис. 18). На примыкающих подобъектах задаются промежуточные полосы, образующие направляющие островки. Наиболее трудоёмкой является планировка участков въездов и выездов. Здесь чрезвычайно эффективен механизм плановых построений, позволяющий автоматизировать проектирование участков уширения на подходе к пересечению. В результате создаются сопрягающие подобъекты по кромкам съездов.

Рекомендуемая последовательность планировки кольцевого пересечения представлена в таблице 1.



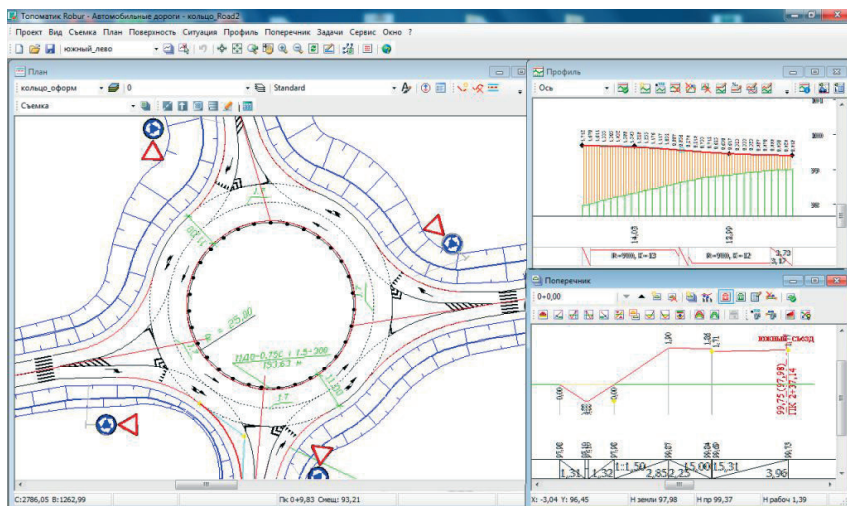


Рис. 17. Интерфейс программного комплекса Топоматик Robur

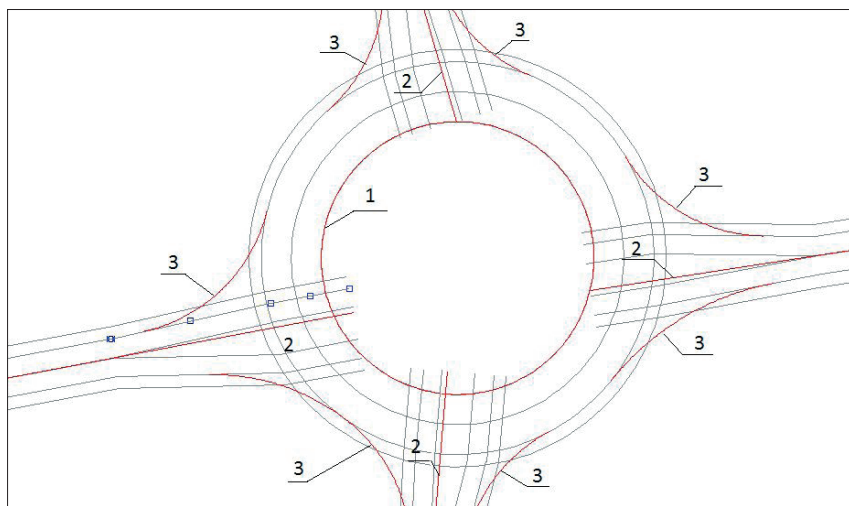


Рис. 18. Оси подбъектов горизонтальной планировки кольцевого пересечения; 1 — центральный островок; 2 — примыкающие объекты; 3 — сопрягающие подбъекты

Механизм плановых построений является универсальным. Сопрягаться могут как отдельные примитивы, так и комплексные линии, состоящие из множества сопряжённых отрезков,

дуг и клотоид. При этом выполняется автоматический подбор первого приближения, и имеется возможность визуально (при помощи мыши) редактировать параметры сопряжений.

Таблица 1. Последовательность планировки кольцевого пересечения в программном комплексе Топоматик Robur

| Этап | Содержание этапа   | Краткое описание операций   |
|------|--|---|
| 1    | Создание подбъекта (кромка центрального островка)          | Задание оси кольцевого подбъекта (команда «План» — «Создать ось из примитивов»). Если пересечение имеет форму окружности, то исходный примитив создаётся при помощи команды «Ситуация» — «Рисовать» — «Дуга». В более сложных случаях используется механизм трассирования, реализуемый командой «План» — «Наметить/продлить ось». |
| 2    | Назначение геометрических параметров центрального островка | При помощи «Мастера верха земляного полотна» в табличном виде задаются ширины кольцевой проезжей части, разделительных полос и обочин. Одновременно с ширинами задаются и уклоны полос кольцевой проезжей части.  |
| 3    | Планировка участков переходов к кольцевой проезжей части   | Аналогично созданию центрального островка при помощи команд «План» — «Наметить/продлить ось», «План» — «Создать ось из примитива» и «Мастера верха земляного полотна».  |

Вертикальную планировку пересечения определяет совокупность продольных и поперечных профилей кольцевого, примыкающих и сопрягающих подбъектов. Многооконный интерфейс Топоматик Robur позволяет значительно упростить взаимную увязку составляющих подбъектов. Это достигается за счёт механизма динамических раскрываемых поверхностей. Например, при увязке продольных уклонов примыкающих или сопрягающих подбъектов проектировщик видит в рабочем окне сечение поверхности центрального (кольцевого) подбъекта и имеет возможность привязаться к нему с заданным уклоном. Если по каким-либо причинам в процессе проектирования изменяется планировка кольцевой части (например, для обеспечения водоотвода), то динамическая поверхность мгновенно перестраивается. Также перестраиваются и сечения, что информирует проектировщика о необходимости корректировки сопряжённых профилей. Таким образом обеспечивается динамика, что крайне важно при многовариантном проектировании.

Границы составляющих подбъектов определяются в плане положением линии сопряжения уклонов, изначально задаваемой в зависимости от схемы и геометрических характеристик кольцевого пересечения. В итоге создаётся комплексная проектная поверхность кольцевого пересечения и отображается в окне 3D-просмотра (рис. 19).

Анализ комплексной поверхности позволяет контролировать совпадение отметок и уклонов по линиям сопряжения составляющих подбъектов. Также легко осуществляется контроль водоотвода. Генерируемые Топоматик Robur проектные поверхности могут напрямую загружаться в бортовой компьютер грейдера или фрезы с це-

Таблица 2. Программные продукты моделирования динамических габаритов и маневрирования при проезде кольцевых пересечений

| Программный продукт                           | Основные функциональные возможности программного продукта  | Разработчик, контактная информация   | Требуемая платформа  |
|---|--|--|--|
| <b>AutoTURN</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>— моделирование движения и маневрирования транспортных средств со скоростями до 60 км/час;</li> <li>— трёхмерное движение по 3D-поверхности;</li> <li>— возможность локализации под различные транспортные средства;</li> <li>— графическое представление динамических габаритов с указанием траекторий: внешних и внутренних колёс, характерных точек кузова;</li> <li>— генерация угловых траекторий;</li> <li>— генерация траектории пути по дуге;</li> <li>— создание «шаблонов» разворота транспортных средств.</li> </ul> | Transoft Solutions Inc.<br>E-mail: alr@transoftsolutions.com<br>www.transoftsolutions.com      | Autodesk 2007-2014,<br>Microstation V 8.1, V8.5, V8XM, V8i |
| <b>IndorCAD 9</b>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>— графическое представление динамических габаритов;</li> <li>— возможность выбора разных моделей транспортных средств;</li> <li>— возможность редактирования параметров транспортных средств;</li> <li>— анализ траектории движения.</li> </ul>   | ООО «ИндорСофт» (г. Томск)<br>E-mail: support@indorsoft.ru<br>www.indorsoft.ru                 | (внешняя платформа не требуется)                           |
| <b>Vehicle Tracking</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>— трёхмерное движение по 3D-поверхности;</li> <li>— библиотека разных типов модели;</li> <li>— возможность редактирования параметров транспортных средств;</li> <li>— возможность применения анимации у нескольких транспортных средств одновременно;</li> <li>— видимость;</li> <li>— автоматическое моделирование парковочных мест;</li> <li>— моделирование движения и маневрирования транспортных средств с учётом скорости.</li> </ul>   | Autodesk<br>www.autodesk.com/education/free-software/vehicle-tracking                          | Autodesk 2013-2014   |
| <b>MS Turn</b>                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>— моделирование поворота транспортных средств с учётом скорости;</li> <li>— возможность выбора типа транспортного средства;</li> <li>— возможность редактирования параметров автомобилей;</li> <li>— визуальный отчёт расположения угла колеса и элементов.</li> </ul>  | Glamsen<br>E-mail: ars.karlsson@glamsen.se<br>www.glamsen.se/MSTurn.htm                        | Microstation V 8.  |
| <b>CadTools (ToolBox)</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>— трёхмерное движение по 3D-поверхности;</li> <li>— моделирование поворота транспортных средств с учётом скорости;</li> <li>— возможность выбора типа транспортного средства;</li> <li>— возможность редактирования параметров автомобилей;</li> <li>— визуальный отчёт расположения угла колеса и элементов.</li> </ul>  | Glamsen<br>E-mail: ars.karlsson@glamsen.se<br>www.glamsen.se/MSTurn.htm                        | Autodesk 2001-2014   |
| <b>BricsTurn</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>— моделирование поворота транспортных средств с учётом скорости;</li> <li>— возможность выбора типа транспортного средства;</li> <li>— возможность редактирования параметров автомобилей;</li> <li>— визуальный отчёт расположения угла колеса и элементов.</li> </ul>  | Glamsen<br>E-mail: ars.karlsson@glamsen.se<br>www.glamsen.se/BricsTurn.htm                     | Bricscad V10   |
| <b>AutoTrack</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>— включает полную функциональность модулей развязки, парковки и шаблона;</li> <li>— возможность редактирования параметров автомобилей;</li> <li>— учёт виража;</li> <li>— учёт сцепления;</li> <li>— отображение угла поворота колеса;</li> <li>— отображение угла расположения прицепа.</li> </ul>   | Savoy Computing Services Limited<br>E-mail: sales@savoycomputing.com<br>www.savoycomputing.com | Microstation 95 - XM                                       |
| <b>GeoniCS Траектории движения (Autopath)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>— интеллектуальная технология поворота;</li> <li>— динамическое изменение траектории;</li> <li>— вертикальный просвет (клиренс);</li> <li>— настраиваемая библиотека транспортных средств;</li> <li>— графические результаты анализа;</li> <li>— расчёт угла сочленения между транспортным средством и прицепом;</li> <li>— учёт скорости движения;</li> <li>— учёт сцепления колёс с покрытием.</li> </ul>   | CSoft<br>E-mail: sales@csoft.ru<br>www.csoft.ru  | AutoCAD 2010-2013  |
| <b>Autopath</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>— моделирование движения и маневрирования транспортных средств с учётом скорости;</li> <li>— возможность выбора типа транспортных средств.</li> </ul>   | CGS plus LLC<br>E-mail: info.usa @ cgsplus.com<br>www.cgsplus.com                              | Autodesk 2010-2014,<br>Bricscad V12, 13                    |

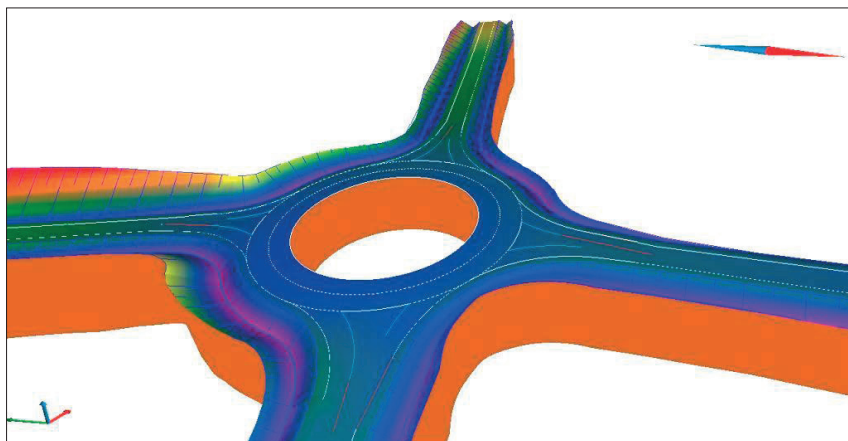


Рис. 19. Комплексная проектная поверхность кольцевого пересечения

лю их выноса в натуру при помощи автоматической 3D-системы управления строительной техникой.

Объёмы работ считаются отдельно по составляющим подобъектам, а затем могут быть суммированы в итоговые ведомости по кольцевому пересечению в целом. Топоматик Robur выполняет подсчёт планировочных, укрепительных, земляных работ, а также объёмов конструктивных слоёв дорожной одежды. При реконструкции или ремонте кольцевого пересечения возможны учёт существующей конструкции и построение картограммы выравнивания покрытия.

Комплекс Топоматик Robur позволяет нанести элементы обустройства на запроектированную поверхность кольцевого пересечения. Дорожную разметку проектировщик назначает по автоматически генерируемым линиям и специально создаваемым контурам. Расстановка дорожных знаков производится с использованием специальной библиотеки. По элементам обустройства генерируются ведомости объёмов и работ.

Основным документом проекта кольцевого пересечения является чертёж плана с отметками. Базовая часть чертежа Топоматик Robur создаётся автоматически по проектной поверхности. Наряду с этим, проектировщику предоставляется набор средств для нанесения отметок, подписей, размеров и других элементов оформления чертежей.

При необходимости могут быть созданы чертежи продольного и поперечных профилей как по центральному (кольцевому), так и по сопрягающим подобъектам.

Финальная стадия процесса проектирования — это создание реалистичной трёхмерной сцены кольцевого пересечения, её динамический просмотр и запись анимационного ролика. Топоматик Robur позволяет визуализировать 3D-модель проектной поверхности, элементы обустройства и ситуации.

### Моделирование проезда кольцевых пересечений

Моделирование динамических габаритов проезда кольцевых пересечений при оценке планировочных решений обычно выполняют с использованием программных продуктов, приведённых в таблице 2.

Использование САПР при реализации положений разработанных методических рекомендаций в практике проектирования кольцевых пересечений позволит повысить качество проектных решений автомобильных дорог.

Дальнейшие работы по совершенствованию методического обеспечения автоматизированного проектирования кольцевых пересечений будут направлены на разработку библиотеки элементов планировки кольцевых пересечений. ■

#### Литература:

1. Современные кольцевые пересечения. Иркутск: Транспортная лаборатория ИргТУ, 2009. 103 с.
2. Поспелов П.И., Щит Б.А. Повышение транспортно-эксплуатационных качеств пересечений на улично-дорожной сети населённых мест // Инженерные сооружения: профессиональный журнал ОАО «Мосинжпроект». Февраль 2014. №1(3). С. 60–74.
3. Weber P. Planning for Roundabouts Presented at the Professional Development Conference Canadian Association of Certified Planning Technicians Waterloo. October 24, 2008.
4. Roundabouts. Road planning and design manual // Australia : Department of Main Roads, 2006. Chapter 14. P. 101.
5. Facilities Development Manual // Wisconsin Department of Transportation. February 25, 2011. Chapter 11 Design. Section 26 Roundabouts. P. 79.
6. Quantitatively Determining the Emissions Reduction Benefits of the Replacement of a Signalized Intersection by a Roundabout Emissions // Hesch M., Academy of Holy Names. 2007.
7. Traffic Management and Noise Reducing Pavements. Recommendations on Additional Noise Reducing Measures // Silvia Project Deliverable. SILVIA-DTF-DRI-008-11-WP5-020205. Ministry of Transport. Denmark, 2005, P. 90.
8. Поспелов П.И., Шевяков А.П., Щит Б.А. Методическое обеспечение проектирования кольцевых пересечений // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2013. №1. С. 101–111.
9. Policy on Geometric Design of Highways and Streets (Green book) // AASHTO Washington, D.C. 2004. 942 pp.
10. Stopping Sight Distance and Decision Sight Distance // Discussion Paper No. 8.A Oregon Department of Transportation. The Kiewit Center for Infrastructure and Transportation Oregon State University. September 2004. P. 27.
11. Поспелов П.И., Шевяков А.П., Щит Б.А. Планировка ромбовидных пересечений автомобильных дорог в разных уровнях // Наука и техника в дорожной отрасли. 2013. №3(66). С. 11–13.



# Плохие нормы — плохие дороги

Скворцов О.В., президент Ассоциации «РОДОС»

*Рассматривается утверждённый Минрегионразвития свод правил для дорожного хозяйства СП 34.13330.2012 с точки зрения актуальности и соответствия международным и российским стандартам, а также нормам обеспечения безопасности автомобильных дорог. Анализируются нововведения и заимствования нового документа по сравнению с устаревшими нормативами 30–40-летней давности, оцениваются недоработки и слабые места принятых норм, а также возможные риски в случае утверждения нового документа в качестве обязательного норматива.*

Нормы проектирования периодически обновляются. Типичный срок жизни руководящего документа — 10–12 лет. В последние 30 лет наблюдается систематическое отставание от этого графика. Так, ещё в 80-е годы при рассмотрении на научно-техническом совете Минавтодора РСФСР проекта СНиП 2.05.02–85 [1] было высказано немало критики по поводу этого документа, который уже в то время по научному уровню отставал от зарубежных аналогов и во многом повторял своего предшественника СНиП II–Д.5–72 [2].

Частично СНиП 2.05.02–85 был развит в принятых в то время ведомственных документах Минавтодора РСФСР [3, 4].

В конце 90-х годов СоюздорНИИ была подготовлена новая редакция СНиП 2.05.02–85. Однако при рассмотрении первой редакции этого документа Научно-технический совет Росавтодора рекомендовал приостановить эту работу из-за слабой проработки и отсутствия у разработчика

и исполнителей соответствующей квалификации. Разработку новых норм было предложено возглавить МАДИ, авторский коллектив которого в 2002 году представил проект нормативного документа «Свод норм проектирования геометрических элементов автомобильных дорог и пересечений».

Однако принятый 15 декабря 2002 года с целью «защиты жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц» Федеральный закон «О техническом регулировании» [8] запретил разработку новых нормативных документов до утверждения соответствующих технических регламентов.

Означенных целей этот закон не достиг, и эффект от его принятия оказался обратным. Если в советское время среднее количество аварий зданий и сооружений в год составляло 22, то в 2004 году этот показатель возрос до 27. По данным НОСТРОЙ, с 1 января по 29 августа 2013 года в сфере строительства произошло 288 аварий и происшествий, погибло 194 человека, травмировано 148 человек.

Ещё хуже сложилась ситуация на дорогах страны. За последнее десятилетие по удельным показателям смертности на дорогах Россия переместилась со второго места с конца (после Латвии) на последнее место в Европе, причём при снижении количества ДТП со смертельным исходом в России за этот десятилетний период с 205 до

Придуманное в недрах Минрегионразвития словосочетание «актуализированные нормы» позволило переписывать нормы тридцатилетней давности и утверждать их в новых обложках с новой аббревиатурой.



195 чел. на 1 млн населения (на 5%), в Латвии этот показатель снизился с 255 до 115 (на 39%), и этот отрыв постоянно увеличивается [5].

На Первой всемирной министерской конференции по безопасности дорожного движения в 2009 году президент России обязал правительство к 1 марта 2010 года подготовить технический регламент по безопасности автомобильных дорог. Такой регламент Минтранс был подготовлен в установленный срок, но не был утверждён.

Доля заимствованных норм или плагиата в своде правил составляет более 85%.

Против его принятия выступил ряд министерств и ведомств, включая Министерство регионального развития, которые начали доказывать, что все вопросы, связанные с безопасностью автомобильных дорог, должны быть отражены в техническом регламенте «Безопасность зданий и сооружений», который является аналогом Европейской директивы 89/106/ЕС [6], устанавливающей требования к строительной продукции.

Как выяснилось позже, противники технического регламента о безопасности автомобильных дорог просто не знали, что в Евросоюзе требования безопасности к автомобильным дорогам установлены не строительной директивой, а специальной Директивой 2008/96/ЕС «Об управлении безопасностью дорожной инфраструктуры» [7].

В техническом регламенте «Безопасность зданий и сооружений» нет даже упоминания о безопасности дорожного движения, и он не может осуществлять нормативное регулирование требований к автодорогам, тем более что, согласно части 3 статьи 7 Федерального закона «О техническом регулировании» [8], включённые в технические регламенты требования «...не могут носить обязательный характер».

Принятый в декабре 2009 года «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [9] открыл дорогу для создания так называемых *актуализированных норм*.

Придуманное в недрах Минрегионразвития словосочетание «актуализированные нормы» позволило переписывать нормы тридцатилетней давности и утверждать их в новых обложках с новой аббревиатурой.

Причём статус этого нормативного документа непонятен и не укладывается в систему национальной стандартизации, так как статьёй 13 Федерального закона «О техническом регулировании» [8], содержащей исчерпывающий перечень документов в области стандартизации, используемых на территории Российской Федерации, актуализированные своды правил к этому списку не отнесены!

Тем не менее, работа закипела, и вскоре Минрегионразвития своим приказом утвердил ряд актуализированных СНиПов для дорожного хозяйства, которые представляли собой практически полностью переписанные нормы тридцатилетней давности.

Одним из примеров такого нормотворчества стал СП 34.13330.2012, актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85\* «Автомобильные дороги», далее — свод правил, утверждённый приказом Минрегионразвития от 30 июня 2012 года №266с.

В таблице 1 приводится анализ «новизны» этого нормативного документа, который показал, что в разделах «Основные технические нормы» и «Пересечения и примыкания» из 321 табличного значения нормируемых показателей 313 заимствованы из норм 30–40-летней давности, в том числе 160 — из СНиП 2.05.02–85\* [1] 1985 года и 153 — из СНиП II–Д.5–72 [2] 1972 года.

Кроме этого, из 169 пунктов свода правил в семи разделах, содержащих нормативные требования, 156 или 92% полностью заимствованы из СНиП 2.05.02–85\*. Из 18 приложений к своду правил 16 полностью соответствуют приложениям 1–15 из СНиП 2.05.02–85\* [1].

Как видно из таблицы 2, авторы свода правил полностью переписали из СНиП 2.05.02–85\* разделы, касающиеся проектирования переходно-скоростных полос, земляного полотна, жёстких и нежёстких дорожных одежд, обустройства дорог и защитных дорожных сооружений, зданий, строений и сооружений, входящих в инфраструктуру автомобильной дороги, а также требования к мостам, трубам и тоннелям.

При этом не было принято во внимание, что нормативы СНиП 2.05.02–85\* определялись исходя из динамических и других характеристик расчётных автомобилей ЗИЛ-130 и ГАЗ-24 [4].

Пункты 5.43–5.47 свода правил, устанавливающие требования к велосипедным дорожкам и тротуарам, полностью переписаны с пунктов 4.5.3.1–4.5.3.6 ГОСТ Р 52766–2007 [10]. Доля заимствованных норм или плагиата в своде правил составляет более 85%.

Несмотря на это, директор департамента Минрегионразвития Д.В. Шаповал берёт на себя смелость утверждать, что актуализация СНиП 2.05.02–85\* «Автомобильные дороги» проведена по направлениям обеспечения повышения уровня надёжности и безопасности автомобильных дорог (механическая безопасность, безопасность при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях, безопасный уровень воздействия сооружений на окружающую среду и пр.) и обеспечения соответствия разработанных норм требованиям современных условий строительства [11].

Вызывает недоумение, что авторы свода правил назначают категории дорог, коэффициенты загрузки и ещё ряд параметров в соответствии с Постановлением Правительства «О клас-

Таблица 1. Сопоставление значений основных нормируемых параметров геометрии дороги по своду правил СП 34.13330.2012 со СНиП 2.05.02–85\* «Автомобильные дороги» и СНиП II–Д.5–72

| Наименование нормируемых параметров   | Нормативный документ |                 |                              | Оценка совпадения нормируемых значений |
|---|----------------------|-----------------|------------------------------|--|
|   | СНиП II–Д.5–72       | СНиП 2.05.02–85 | Свод правил СП 34.13330.2012 |  |
| 1   | 2                    | 3               | 4                            | 5                                      |
| Расчётные скорости для расчёта плана и продольного профиля, км/ч:   |                      | –               |                              | Из 21 показателя 18 совпадают          |
| — основные  | Таблица 3            | –               | Таблица 5.1                  | Все 5 показателей совпадают            |
| Допускаемые на трудных участках:  |                      |                 |                              |  |
| — пересечённой местности  | Таблица 3            | –               | Таблица 5.1                  | Все 5 показателей совпадают            |
| — горной местности  | Таблица 3            | –               | Таблица 5.1                  | Все 5 показателей совпадают            |
| Наибольшие продольные уклоны, ‰, и наименьшие радиусы кривых в плане и продольном профиле, м                                      | –                    | Таблица 10      | Таблица 5.3                  | Все 48 показателей совпадают           |
| Наименьшие длины переходных кривых  | Таблица 12           | –               | Таблица 5.5                  | Все 13 показателей совпадают           |
| Уменьшение продольных уклонов на участках кривых в плане малых радиусов, ‰, по сравнению с табличными значениями                  | Таблица 13           | –               | Таблица 5.6                  | Все 5 показателей совпадают            |
| Длина участка с затяжным уклоном в горных условиях  | –                    | Таблица 13      | Таблица 5.7                  | Все 15 показателей совпадают           |
| Параметры элементов серпантина  | Таблица 14           | –               | Таблица 5.8                  | Все 15 показателей совпадают           |
| Наименьшее расстояние видимости, м:   |                      |                 |                              |  |
| — для остановки   | –                    | Таблица 10      | Таблица 5.9                  | Все 9 показателей совпадают            |
| — встречного автомобиля   | –                    | Таблица 10      | Таблица 5.9                  | Все 8 показателей совпадают            |
| — при обгоне  | –                    | –               |                              | Новые 5                                |
| Число полос движения в зависимости от интенсивности движения и рельефа местности  | –                    | Таблица 5       | Таблица 5.13                 | Все 6 показателей совпадают            |
| Протяжённость дополнительной полосы за подъёмом   | Таблица 6            | –               | Таблица 5.15                 | Все 4 показателя совпадают             |
| Поперечные уклоны проезжей части в зависимости от числа полос движения и климатических условий                                    | –                    | Таблица 7       | Таблица 5.16.                | Все 16 показателей совпадают           |
| Поперечный уклон проезжей части на виражах, ‰   | Таблица 8            | –               | Таблица 5.17                 | Все 27 показателей совпадают           |
| Значение уширения, м, для автомобилей и автопоездов с расстоянием от переднего бампера до задней оси автомобиля или автопоезда, м | Таблица 9            | –               | Таблица 5.19                 | Все 53 показателей совпадают           |
| Максимальная длина прямых в плане   | –                    | Таблица 15      | Таблица 5.20                 | Все 6 показателей совпадают            |
| Радиусы круговых кривых при малых углах поворота дороги в плане   | П.3.39               | Таблица п.4.34  | Таблица 5.21                 | Все 7 показателей совпадают            |
| Наибольшая длина прямой вставки в продольном профиле  | –                    | Таблица 16      | Таблица 5.22                 | Все 45 показателей совпадают           |



Таблица 2. Анализ совпадений текста СП 34.13330.2012 и СНиП 2.05.0285\*

| №№<br>п/п    | Наименование раздела<br>(подраздела) свода правил   | Количество пунктов и номера |                      |               |            |            |
|--------------|---|-----------------------------|----------------------|---------------|------------|------------|
|              |   | СП<br>34.13330.2012         | СНиП 2.05.02–<br>85* | Всего пунктов | Совпадают  | Отличаются |
| 1            | Раздел 4. Общие положения   | 4.1–4.13                    | 1.4–1.7              | 8             | 7          | 1          |
| 2            | Раздел 6. Пересечения<br>автомобильных дорог с железными<br>дорогами                              | 6.30–6.37                   | 5.15–5.21            | 8             | 8          | 0          |
| 3            | Переходно-скоростные полосы   | 6.38–6.43                   | 5.22–5.25            | 5             | 5          | 0          |
| 4            | Раздел 7. Земляное полотно  | 7.1–7.65                    | 6.1–6.66             | 66            | 66         | 0          |
| 5            | Раздел 8. Дорожные одежды.<br>В том числе:  | 8.1–8.40                    | 7.1–7.30             | 43            | 32         | 11         |
|              | — жёсткие дорожные одежды   | 8.19–8.28                   | 7.7–7.16             | 10            | 10         | 0          |
|              | — нежёсткие дорожные одежды   | 8.29–8.33                   | 7.20–7.24            | 5             | 5          | 0          |
|              | — дополнительные слои для<br>укреплённых полос, обочин  | 8.34–8.40                   | 7.25–7.30            | 7             | 6          | 1          |
| 6            | Раздел 9. Мосты, трубы и тоннели  | 9.1–9.5                     | 8.1–8.5              | 5             | 5          | 0          |
| 7            | Раздел 10. Обустройство дорог<br>и защитные дорожные сооружения.<br>В том числе:                  | 10.1–10.14                  | 9.1–9.12             | 14            | 13         | 1          |
|              | — дорожные ограждения   | 10.4–10.10                  | 9.3–9.12             | 7             | 7          | 0          |
| 8            | снегозащитные сооружения  | 10.25–10.31                 | 9.15–9.21            | 7             | 7          | 0          |
| 9            | Раздел 11. Здания, строения<br>и сооружения, входящие<br>в инфраструктуру автомобильной<br>дороги | 11.1–11.13 (13)             | 10.1–10.18 (13)      | 13            | 13         | 0          |
| <b>Всего</b> |   |                             |                      | <b>169</b>    | <b>156</b> | <b>14</b>  |

На основании анализа причин аварийности на дорогах и изучения отчётов целого ряда стран было установлено, что 95% несчастных случаев происходит в результате человеческой ошибки, 30% — в результате ошибки в конструкции дорог и 10% являются результатом механических дефектов транспортных средств.

сификации автомобильных дорог в Российской Федерации» [12], которое распространяется только на эксплуатируемые дороги.

Подраздел «Трассирование с учётом ландшафта» отражает подходы к ландшафтному проектированию полувековой давности. Отсутствуют требования по учёту архитектурно-ландшафтного бассейна и требования к ритму трассы. Не приведены требования к проложению трассы в различных ландшафтных зонах (степной ландшафт, ландшафт заболоченных низменностей, лесисто-болотистый ландшафт, холмистый ландшафт, горный ландшафт и т.п.). Отсутствуют требования по обеспечению зрительной ясности и зрительной плавности.

Содержащихся в пунктах 6.1–6.27 требований к проектированию транс-

портных пересечений явно недостаточно для того, чтобы запроектировать современные пересечения и транспортные развязки.

Весь объём нормативных требований к сложным инженерным сооружениям уложился в семь страниц. Для сравнения, в нормах Германии проектированию этих важнейших сооружений, являющихся при неправильном проектировании источниками очагов аварийности и образования заторов, посвящены 119 страниц текста [13, 14].

В тексте раздела «Пересечения и примыкания» отсутствуют требования к вертикальной планировке в пределах границ пересечения и примыкания, требования к минимальному расстоянию между пересечениями и транспортными развязками, не при-

ведены мероприятия по организации движения для обеспечения минимальных помех транзитному движению, критерии для выбора типа планировочного решения пересечения с учётом класса и категории автомобильных дорог.

Подраздел «Пересечения и примыкания в одном уровне» отражает уровень 70-х годов и не содержит норм, обеспечивающих безопасность дорожного движения на пересечениях и примыканиях, являющихся очагами аварийности.

Отсутствуют требования к планировке и конфигурации пересечений, проектированию пересечений со светофорным регулированием, нормы проектирования геометрических элементов, канализированных пересечений и участков левоповоротных

сездов, а также меры по сокращению числа конфликтных точек на пересечениях, нормы минимального расстояния видимости на нерегулируемом перекрёстке и на пересечении с обязательной остановкой на пересекаемой дороге, требования к назначению количества полос движения в зоне пересечений и расчётам пропускной способности этих зон и элементов съездов.

Приведённые в своде правил нормы минимального расстояния видимости не учитывают влияния продольного уклона и времени, требуемого для завершения манёвра транспортного средства, выехавшего на перекрёсток. Значения минимальных расстояний видимости и минимальных радиусов вертикальных кривых установлены исходя из расчётного автомобиля ГАЗ-24, при высоте глаз водителя над проезжей частью — 1,2 м, в то время как у современных автомобилей это расстояние равно около 1 м. Эта разница даёт завышенные значения минимальных расстояний видимости и вертикальных кривых, что является причиной аварий.

Сопоставление свода правил с зарубежными нормами показывает, что наши нормы существенно уступают им в части общих подходов и учёта факторов, влияющих на безопасность дорожного движения.

Свод правил СП 34.13330.2012 основывается на концепции расчётной скорости, предложенной американцем Барнеттом ещё в 1936 году, которая предполагает, что автомобиль движется по дороге с постоянной скоростью, равной расчётной скорости. Как показали результаты исследований, проведённых у нас в стране и за рубежом, положенные в основу концепции расчётной скорости предпосылки не оправдались. На участках дорог с изменяющимися параметрами плана и продольного профиля фактические скорости движения автомобиля начинают существенно отличаться от значений расчётной скорости, что приводит к существенному возрастанию риска возникновения ДТП.

На основании анализа причин аварийности на дорогах и изучения отчётов целого ряда стран было установлено, что 95% несчастных случаев происходит в результате человеческой ошибки, 30% — в результате ошибки в конструкции дорог и 10% являются

результатом механических дефектов транспортных средств [15].

Более детальное изучение особенностей и условий движения по автомобильной дороге показало, что основной фигурой, влияющей на безопасность движения, является водитель, которому свойственно совершать ошибки.

Правильное проектирование дорог имеет решающее значение для предотвращения человеческих ошибок при движении по дороге и способствует снижению аварийности.

Накопленные за последние десятилетия новые знания послужили основой для современных норм проектирования дорог, которые обеспечивают создание дорожной инфраструктуры, адаптированной к ограничениям и возможностям человеческого потенциала.

Результаты исследований послужили основой для пересмотра норм проектирования автомобильных дорог во всех ведущих западных странах. И этот результат не заставил себя ждать. По данным Федеральной дорожной администрации США, новые нормы позволили сократить количество ДТП в среднем на 20%.

Одной из эффективных мер для повышения безопасности дорожного движения является введение функциональной классификации дорог, которая в сочетании с дифференцированным скоростным режимом для дорог различного функционального класса может снизить аварийность до 30% [16].

Несмотря на решение сводной резолюции ООН [17] и рекомендации рабочей группы президиума Госсовета Российской Федерации об эффективности классификации автомобильных дорог на основе их функциональных особенностей [18], разработчики свода правил отклонили это предложение со следующей формулировкой: «Известно, что функциональной классификации в России нет. Её необходимо разрабатывать» [11].

Согласно основным принципам стандартизации [8], основой для разработки национального стандарта является применение международного стандарта.

Однако нормы свода правил по 36 позициям не соответствуют требованиям международных норм — Европейского соглашения о междуна-

родных автомагистралей (СМА) [19], по 6 позициям — Конвенции о дорожном движении [20].

Кроме этого, использованные в своде правил термины не соответствуют терминологии, приведённой в указанных выше международных нормах, в техническом регламенте Таможенного союза [21] и в Федеральном законе «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности» [22] (категория «Дороги, реконструкция дороги» и т.д.).

При этом директор департамента Минрегионразвития Д.В. Шаповал утверждает, что при актуализации СНиП 2.05.02–85\* «Автомобильные дороги» выполнена гармонизация с требованиями норм и правил проектирования автомобильных дорог стран Европейского союза и США [11].

Не менее оригинально реагирует на замечания рецензентов руководитель разработки В.М. Юмашев.

Например, предложения «предусматривать переходные кривые при радиусах кривых в плане 2000 м и менее, ограничивать количество пересечений на дорогах I–III категорий, увеличить длину полос разгона и торможения, разработать нормы проектирования реверсивных полос движения» были отклонены по причине того, что «редакция пункта не представлена» [11].

Предложение о том, что круговая кривая в составе закругления должна иметь минимальную длину из расчёта возможности движения по ней с проектной скоростью в течение не менее 2 секунд (время реакции водителя), отклонено по причине того, что «прямой перенос фрагментов зарубежных норм без анализа возможности их включения в сформировавшийся текст документа для иных климатических условий эксплуатации дорог может привести к несогласованности» [11].

Интересно выглядит ссылка на то, что при разработке свода правил учтены предложения профессоров Е.М. Лобанова и П.И. Поспелова, в то время как в выводах заключения, исполнителем которого был Е.М. Лобанов, подписанного первым проектором МАДИ П.И. Поспеловым, было сказано, что «проект актуализированного СНиП не может быть одобрен, и принятие его отбросит практику проектирования дорог назад в 60-е годы прошлого века». И всё-таки, что же нового по сравнению со

СНиП 2.05.02–85\* тридцатилетней давности предложил авторский коллектив ОАО «СоюздорНИИ» из 22 человек, с учётом предложений двух докторов наук из компании «Кредо-Диалог»?

Я лично насчитал всего три нововведения. (Буду благодарен, если читатель меня поправит):

1) Новая нормативная осевая нагрузка 130 кН для международных автомагистралей, предназначенных для следования тяжёловесных транспортных средств, и 115 кН на всех остальных дорогах, независимо от их категории, административного и функционального значения. Сегодня во всех европейских странах, за исключением Франции, Португалии и Люксембурга, максимальная нагрузка на ведущую ось находится в пределах 11,5 кН, а на обычную ось — 10 кН. На местных дорогах с низкой интенсивностью во всех странах — не превышает 60–100 кН.

Например, в нормах Германии расчёт дорожных одежд производится на нагрузку эквивалентную 100 кН [23].

Согласно Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года, по инновационному варианту международных транспортных коридоров нагрузка на ось 115 кН будет обеспечена к 2030 году.

2) Ещё одним нововведением является нормирование расстояния видимости при обгоне, которое, однако, без указаний по использованию этого параметра при проектировании ничего не даёт.

3) Одиннадцать новых пунктов касаются расчётов нежёстких дорожных одежд. При этом они содержат несогласующиеся между собой отдельные выдержки с опечатками из устаревших отраслевых норм проектирования нежёстких дорожных одежд ОДН 218.046–01 2001 года [24] и не содержат полного набора требований для выполнения расчётов и определения данных для их выполнения.

Разработанный ОАО «СоюздорНИИ» свод правил не только не сократил отставание от уровня зарубежных норм, но лишь увеличил этот разрыв.

Сейчас подготовлен проект распоряжения Правительства Российской Федерации «О перечне национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых обеспечивается соблюдение требований тех-

нического регламента о безопасности зданий и сооружений». В проект этого нормативного акта включён свод правил СП 34.13330.2012, актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85\*. Это означает, что Главгосэкспертиза должна будет приводить проекты дорог в соответствии со сводом правил СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги», который, как показано выше, является нормами тридцатилетней давности.

Вряд ли коллектив, усилиями которого с нарушением всех правил и законов был утверждён этот свод правил, в составе руководителя разработки директора ОАО «СоюздорНИИ» В.М. Юмашева, председателя ТК 465 Л.А. Барановой, которая провела экспертизу и представила этот документ на утверждение, также бывшего директора департамента Д.В. Шаповала и других работников Минрегионразвития, утвердивших и способствующих утверждению свода правил СП 34.13330.2012, представляют себе, что ущерб, нанесённый им государству в случае утверждения его в качестве обязательного норматива, превысит ущерб, нанесённый «Оборонсервисом» и всеми другими структурами Минобороны, о которых сейчас пишут СМИ. ■

#### Литература:

1. СНиП 2.05.02–85\* «Автомобильные дороги».
2. СНиП II–Д.5–72. Часть II, Раздел Д. Глава 5 «Автомобильные дороги. Нормы проектирования».
3. ВСН 18–84 «Указания по архитектурно-ландшафтному проектированию автомобильных дорог».
4. ВСН 25–86 «Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах».
5. Key Transport Statistics (2006–2012). International Transport Forum. OECD.
6. Директива 89/106/ЕС «Строительные материалы – Construction products directive».
7. Директива 2008/96/ЕС от 19 ноября 2008 г. «Об управлении безопасностью дорожной инфраструктурой» («On Road Infrastructure Safety Management»).
8. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. №184–ФЗ «О техническом регулировании».
9. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. №384–ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
10. ГОСТ Р 52766–2007 «Элементы обустройства. Общие требования».
11. Письмо Минрегионразвития №13432-ДШ108 от 01.06.2012.
12. Постановление Правительства Российской Федерации от 28.09.2009 №767

«О классификации автомобильных дорог в Российской Федерации».

13. RAL-K-2 Richtlinien für die Anlage von Straßen – Knotenpunkte.
14. RAS-K-1 Richtlinien für die Anlage von Straßen – Knotenpunkte.
15. Rumar K. The role of perceptual and cognitive filters in observed behavior. In: Evans, L. & Schwing, R.C. (1985). Human behavior and traffic safety: P. 151–165. New York: Plenum Press.
16. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2004.
17. Сводная резолюция о дорожном движении ООН (ECE/TRANS/WP.1/123) от 14 августа 2009 г.
18. Доклад рабочей группы президиума Государственного совета Российской Федерации «О дальнейших мерах по повышению безопасности дорожного движения, снижению числа погибших при дорожно-транспортных происшествиях» М., 2009.
19. Европейское соглашение о международных автомагистралях (СМА) ЕЭК ООН, совершенное в Женеве 15 ноября 1975 года. Приложение 2, Условия которым должны отвечать международные автомагистрали.
20. Конвенция о дорожном движении. Вена, 8 ноября 1968 г.
21. TP TC 014/2011 Технический регламент Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог».
22. Федеральный закон от 08.11.2007 №257–ФЗ «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности в Российской Федерации».
23. RStO 01 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen Ausgabe, 2001.
24. ОДН 218.046–01 «Проектирование нежёстких дорожных одежд».



# Autodesk о дорожном проектировании: проблемы и решения

Морозова А.С., руководитель направления строительства Autodesk в России и СНГ (г. Москва)

*Рассматриваются особенности подхода к внедрению новых технологий в сфере дорожного строительства. Рассказывается об основных проблемах, с которыми сталкиваются специалисты и заказчики при проектировании и строительстве автомобильных дорог, а также о способах их решения, включающих технологию информационного моделирования (BIM). На примере программных продуктов компании Autodesk рассказывается о преимуществах использования BIM-технологий на протяжении всего жизненного цикла автомобильных дорог и объектов промышленного гражданского строительства.*

Сегодня перед компаниями, работающими в области проектирования дорог, мостов и других объектов транспортной инфраструктуры, стоят непростые задачи. С одной стороны, количество проектов в данной сфере с каждым годом увеличивается, и эта тенденция, по оценкам аналитиков, сохранится как минимум до 2020 года. С другой — проекты становятся всё более сложными и комплексными, объединяющими в себе и новое строительство, и реконструкцию, включающие сразу несколько видов транспорта, как то: автомобильные дороги, железные дороги с системой пересадки на метро или даже самолёт. При этом рентабельность крупнейших мосто- и дорожно-строительных компаний снижается за счёт постоянного давления на стоимость реализации проекта со стороны заказчика. Так, например, аудиторская компания KPMG оценила падение рентабельности мостостроительных компаний с 12% до 9% в период с 2009 по 2012 год. Кроме того, значительное влияние на отрасль оказывают новые развивающиеся формы реализации проектов (такие как государственно-частное партнёрство), изменения в законодательной сфере (например, Федеральный закон №44-ФЗ [1]). При снижающейся рентабельности любые ошибки проектирования и строительства, незапланированные расходы и простои техники или рабочей силы приводят к печальным для компании последствиям.

Как следствие, одной из самых актуальных задач становится снижение издержек за счёт контроля затрат, максимально точного просчёта стоимости строительства на самых ранних этапах и при внесении любых изменений в проект, сокращение сроков проектирования и строитель-

ства, сокращение количества ошибок в проектной документации и несоответствий проектной документации реальному рельефу местности, а значит, и рисков, с этим связанных.

С очень похожими задачами сталкиваются и родственные отрасли, в частности промышленное и гражданское строительство. При этом проектировщики и строители зданий обгоняют инфраструктурные компании по темпам внедрения новых технологий, таких как концептуальное проектирование и информационное моделирование, и уже видят позитивное влияние этих технологий на сроки и стоимость проектов. В чём особенность подхода транспортной отрасли к внедрению современных технологий и почему во всём мире, так же как и в России, они приживаются с опозданием на 2–3 года?

## По своим законам

Сравнительно невысокий темп внедрения новых технологий в компаниях, занимающихся проектированием и строительством транспортных объектов, связан в первую очередь с базовыми принципами работы отрасли: для подавляющего большинства проектов в качестве заказчика выступает государство, которое использует сложившийся годами подход, при котором цепочка *заказчик — проектировщик — строитель* имеет множество разрывов. Как следствие, на каждом из этапов возникают потери информации, приводящие к ошибкам, незапланированным затратам, простоям ресурсов, дополнительным расходам.

В то же время в области проектирования и строительства промышленных и гражданских объектов весь жизненный цикл объекта доста-



Рис. 1. Вид с воздуха на автодорожную развязку, рендер AutoCAD Civil 3D, Autodesk 3ds Max Design, Revit Structure

точно часто находится в зоне ответственности единого заказчика в лице вертикально интегрированного строительного или крупного производственного холдинга. Разрывов нет — заказчик, проектировщик и строитель работают «в связке», и ошибки, сделанные в документации и плане-графике работ, в конечном счёте ложатся на плечи единого владельца. Именно такие компании, а точнее, их руководители, являются основными проводниками новых технологий, в частности технологии информационного моделирования (BIM) в области промышленного и гражданского строительства. Они кровно заинтересованы в налаживании взаимодействия между проектировщиками и строителями и выстраивании нового процесса, позволяющего в конечном итоге сократить стоимость строительства до 30%.

### Цена ошибки

При проектировании и строительстве транспортных объектов после прохождения экспертизы проектировщик сдаёт работу и фактически не несёт ответственности за ошибки, допущенные в документации и не отслеженные экспертизой. Документация на проект очень часто задерживается, и строительная компания фактически

вынуждена начинать работу ещё до утверждения её экспертизой, чтобы соблюсти сроки. Любые изменения вносятся очень и очень долго, что приводит всё к тому же риску срыва сроков или же выполнению работ с ненадлежащим уровнем качества. Нередки ситуации, при которых документация, полученная строительной компанией, противоречит инженерно-геологическим данным на участке, в частности, неверно определён тип грунта. Представьте, если в документации — глина или песок, а по факту — гранит? Как следствие, стоимость и сроки земляных работ могут отличаться в десятки раз. Нарушаются сроки, страдает качество, превышаются бюджеты. И всё это приходится покрывать строительной компании, которой государственный заказчик вряд ли даст возможность увеличить стоимость проекта, да и сроки должны быть выдержаны.

Огромное значение имеют ошибки, допущенные из-за неверных данных о существующей инфраструктуре, застройке, рельефе местности. Из-за высокой протяжённости автомобильных и железных дорог подобные ошибки могут в разы увеличить конечную стоимость объекта. Особенно это касается развязок, мостовых переходов, туннелей и других

участков дороги, где бюджет строительства на единицу площади достаточно высок. Об одном из таких проектов рассказывает Андрей Кириякиди («Бамстроймеханизация», г. Сочи):

«Нашей организации было необходимо построить дорогу с выемкой по рабочей документации, предоставленной сторонним проектировщиком. Ближе к завершению выемки предполагался котлован под устой моста и мостовое полотно. При проверке РД мы обнаружили, что полученная поверхность полотна выемки имела очень серьёзный дефект, который являлся следствием «ручного» проектирования такого сложного участка. На участке, где начинался котлован под устой моста, не был соблюден переход бокового откоса с дополнительными вертикальными и горизонтальными звеньями. В результате откос выемки на участке котлована «просел» на 4 м и сместился от оси на 1 м. Эта ошибка могла бы стоить заказчику нескольких миллионов рублей за дополнительные работы по исправлению откоса и срыв сроков сдачи участка. Обнаружив ошибку, мы, как подрядчики, избежали длительных простоев техники, непременно последовавших



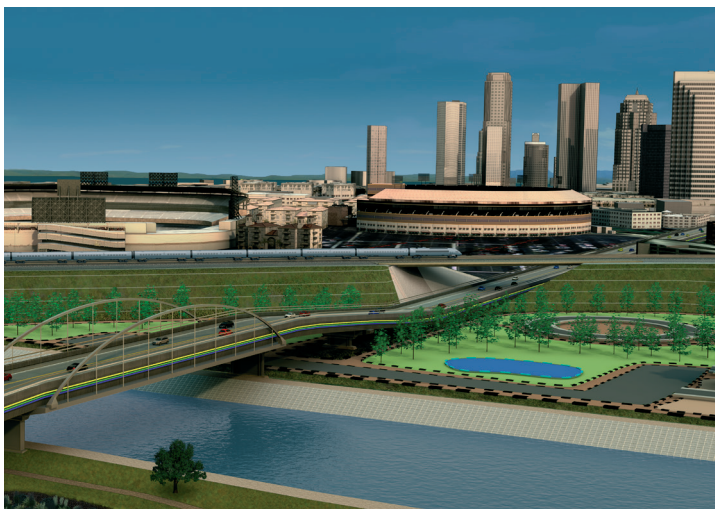


Рис. 2. Объекты инфраструктуры на окраине города, проектирование в AutoCAD Civil 3D и Autodesk Infrastructure Modeler, рендер 3ds Max

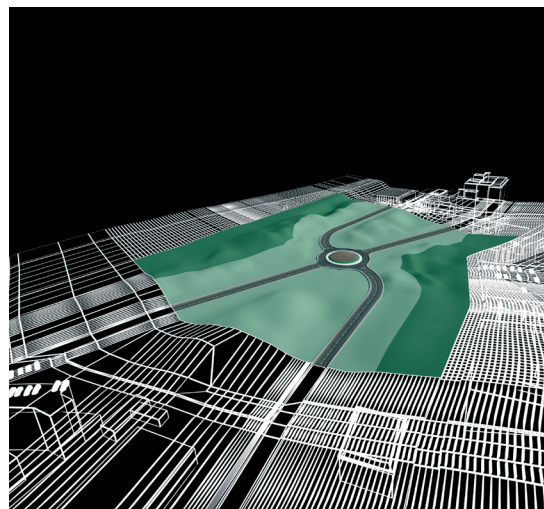


Рис. 3. Разрез местности с дорогой, грунтовыми водами и трубами канализации как часть процесса информационного моделирования, рендеринг 3ds Max

бы, если бы это обнаружилось в процессе работ».

### Больше задач — выше рентабельность

Одной из ярких тенденций последних лет стала консолидация мостов и дорожно-строительных компаний. Во многом этот процесс стал ответом на то самое повышение комплексности проектов и снижение рентабельности. Руководители компаний хотят как расширять перечень услуг, так и контролировать как можно большую часть жизненного цикла объекта строительства. Одновременно с этим наиболее передовые компании стали применять и новые информационные технологии, к которым относится информационное моделирование объектов строительства (BIM).

Одним из примеров такой многопрофильной компании является упомянутая выше «Бамстроймеханизация». Другим примером может послужить санкт-петербургская компания «Трансмост», которая расширила свою сферу деятельности в сторону проектирования автомобильных дорог, организовав специальный отдел и полностью перейдя на использование технологии BIM.

Выбор технологии BIM и инструментов Autodesk для её реализации для всех этих компаний связан с объединением лучших мировых практик с российскими нормами и стандартами проектирования. Ежегодно

Autodesk выпускает пакеты адаптаций для строителей автомобильных и железных дорог, которые готовятся совместно с крупнейшими игроками отрасли. В 2014 году началась активная работа по подготовке пакета адаптаций для проектировщиков метрополитена, для задач реконструкции железных и автомобильных дорог.

Кроме того, в портфеле Autodesk существуют продукты, поддерживающие все ключевые инновационные технологии проектирования и управления строительством, такие как концептуальное проектирование, использование данных лазерного сканирования и, наконец, информационное моделирование (BIM).

### Концептуальное проектирование для быстрых и аргументированных проектных решений

Современные программные продукты позволяют в короткий срок (дни или даже часы) определить принципиальную трассировку дороги, оперативно рассмотреть варианты проектных решений, сравнить их между собой, в том числе по объёму земляных работ, протяжённости трассы и её стоимости. Это в разы, а иногда в десятки раз быстрее, чем при применении принятого в отрасли 2D-подхода. Кроме того, появляется возможность оценить десятки различных вариантов прохождения трассы за достаточно короткий про-

межуток времени и выбрать наиболее оптимальный, именно тот, который в дальнейшем будет прорабатываться в деталях.

Ещё одно преимущество заключается в том, что трёхмерная концептуальная модель, полученная с помощью Autodesk Infraworks, может быть передана для дальнейшей детальной разработки на стадию «проект» в AutoCAD Civil 3D и составлять примерно 30% от будущего проекта, в то время как при традиционной технологии на стадии «проект» работа по сути начиналась с нуля. Таким образом ускоряется процесс проектирования, сокращается несогласованность данных, а значит, и количество ошибок, вызванных человеческим фактором.

Технология концептуального проектирования эффективно проявляет себя как на проектах федерального значения (рис. 1), так и при решении повседневных задач, с которыми сталкиваются проектировщики городской инфраструктуры (рис. 2): при благоустройстве внутридворовых территорий, архитектурном проектировании городской застройки и транспортных объектов, представлении концепций для общественных слушаний.

В качестве примера можно привести несколько вариантов трассировки Керченского перехода, которые были выполнены в рекордные сроки — за 4 дня. Ещё один интересный проект, уже на уровне Москвы, — концепция дублёра Кутузовского проспекта, вы-



полненная за 5 дней силами одного специалиста. Традиционные технологии двумерного проектирования потребовали бы для реализации этого проекта в несколько раз большее количество времени и вовлечённых специалистов. Кроме того, концептуальное проектирование, выполняющееся в 3D на основе цифровой модели местности, позволяет избежать многих ошибок и коллизий, которые не очевидны при работе с «плоскими» чертежами.

### Лазерное сканирование для более точного представления исходных данных

По данным лазерного сканирования создаётся трёхмерная модель, на основе которой построено всё дальнейшее проектирование, строительство и эксплуатация объекта. Эта технология очень актуальна для ремонта и реконструкции автомобильных и железных дорог. Полученная с помощью лазерного сканирования модель сравнивается с «идеальной», построенной моделью дорожного полотна. Таким образом обнаруживаются расхождения, и на их основе планируются ремонтные работы. Технология в разы сокращает этап проектирования при реконструкции дороги в сравнении с традиционными методами.

### Коллективная работа всех участников процесса на основе технологии BIM

Технология BIM — это процесс коллективного создания и использования

информации о сооружении, формирующий базу для всех решений на протяжении жизненного цикла объекта (от стадии предпроекта до проектирования, выпуска рабочей документации, строительства, эксплуатации и сноса). В основе BIM лежит трёхмерная информационная модель, на базе которой организована работа всех участников процесса проектирования.

В отличие от обычной 2D- или даже 3D-модели, информационная модель содержит в себе большое количество дополнительных данных об объекте (рис. 3, 4). Например, толщину бетонного покрытия, глубину залегания электрокабелей или труб ливневой канализации, запроектированную скорость движения на данном участке трассы и многое другое.

По мнению специалистов «Трансмост», информационная модель позволяет принимать более конкретные проектные решения, создавать высококачественную проектную документацию, моделировать эксплуатационные качества объекта, точно составлять сметы и строительные планы, заранее заказывать изготовление материалов и оборудования, управлять строительством объекта, его реконструкцией и эксплуатацией.

Таким образом, сокращаются издержки на всех этапах жизненного цикла объекта, а на стадии эксплуатации у владельца объекта появляются не только бумажные чертежи, но и полный набор данных, в частности для планирования ремонтных работ: спецификации материалов, графики строительства и т.д.

Технология BIM может принести ощутимый эффект в отдельных областях транспортной отрасли, например при проектировании, строительстве и эксплуатации метрополитена. Наличие информационной модели позволяет правильно спланировать обслуживание: спрогнозировать объём необходимых материалов, смоделировать график работ, организовать процесс управления оборудованием, а также смоделировать поведение людей в чрезвычайных ситуациях и найти правильные способы выхода из этих ситуаций.

Очевиден потенциал технологии BIM для проектирования пересадочных узлов, где необходимо планировать взаимодействие транспортных артерий разного типа и распределять транспортные потоки. BIM позволяет объединять многочисленные объекты в рамках единой модели, синхронизировать работу архитекторов, конструкторов, инженеров и генпланистов. В результате появляется возможность уже на этапе проектирования просчитать и оптимизировать стоимость и график строительства, исключить коллизии.

Если посмотреть на проектирование железных дорог, то в качестве примера применения BIM можно привести опыт одного из подразделений «Росжелдорпроект», компании «Уралжелдорпроект». По данным, представленным специалистами этой компании на Autodesk University в 2013 году, в результате применения AutoCAD Civil 3D и создания цифровой модели они смогли увеличить скорость принятия проектных решений на 30%, а скорость подсчёта объёмов земляных масс — на 90%. При этом время, затраченное на проектирование, сократилось на 29%, а понимание проектного замысла заказчиком достигло 100% в отличие от 10%, которых удавалось достичь с использованием традиционных 2D-технологий. ■

#### Литература:

1. Федеральный закон от 05.04.2013 №44-ФЗ (ред. от 21.07.2014) «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд»: принят Государственной Думой 22.03.2013, одобрен Советом Федерации 27.03.2013 // Собрание законодательства РФ. 2013. Выпуск №14. Ст. 1652.



Рис. 4. BIM решение в проекте автодорожной развязки, проектирование в AutoCAD, Civil 3D, Navisworks, рендер в 3dsMax. Предоставлено Heijmans, Breijl, Voker Infracore, Geonius, Голландия

# Предварительная обработка данных мобильного лазерного сканирования в системе IndorCloud

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

*Дётся представление о ранних стадиях обработки данных мобильной лазерной съёмки. Прежде чем приступить к извлечению нужных данных, необходимо получить промежуточную модель — облако точек.*

В последние годы в дорожной отрасли начали широко применяться высокопроизводительные инструменты мобильного лазерного сканирования, работающие на основе высокоточных технологий GPS/ГЛОНАСС, инерциальных навигационных и лазерных систем. Мобильное лазерное сканирование применяется в нашей стране уже около 10 лет для паспортизации и создания ГИС [1]. С 2013 г. Государственная компания «Российские автомобильные дороги»

и Федеральное дорожное агентство начали применять мобильное лазерное сканирование для проектирования ремонтов автомобильных дорог.

Несмотря на первые многообещающие успехи новой технологии, ей пока ещё не удалось органично вписаться в существующие организационно-технические процессы в отрасли [2, 3]. В первую очередь, это вызвано огромным потоком исходных данных, которые не в состоянии должным образом обработать используемые

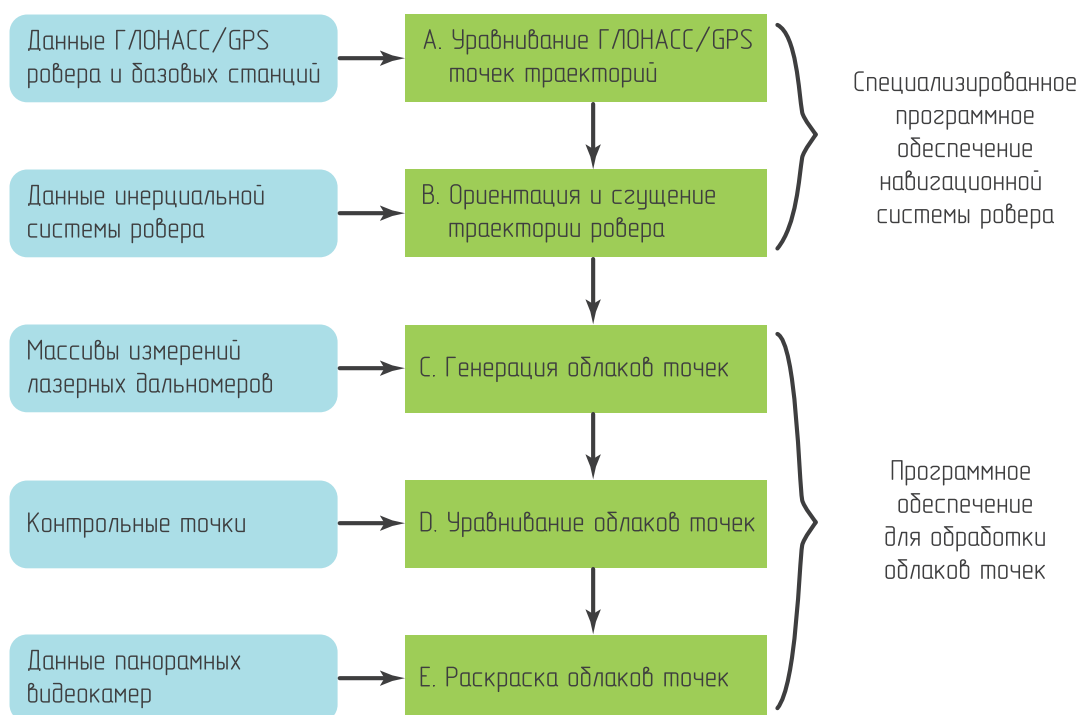


Рис. 1. Стадии предварительной обработки данных лазерного сканирования

в организациях программы классов САПР и ГИС. Именно поэтому приходится либо существенно ограничивать объёмы обрабатываемых за раз данных (например, порциями по 100 м дороги), либо прореживать данные (например, оставив только каждую 10-ю точку). Но даже прореженные специальными интеллектуальными алгоритмами данные (в программах типа TerraScan компании Terrasolid, Финляндия) по-прежнему слишком массивны для большинства используемых в России САПР и ГИС.

Именно поэтому наша компания «ИндорСофт» ведёт разработки в области ввода и обработки данных мобильного лазерного сканирования. Для обработки первичных данных и интеллектуальной классификации точек лазерного сканирования в настоящее время разрабатывается система IndorCloud.

Целью настоящей статьи является рассмотрение основных принципов, лежащих в основе геометрической обработки точек лазерного сканирования, реализованных в программе IndorCloud, уже прошедшей опытную эксплуатацию на ряде проектов Федерального дорожного агентства.

### Стадии предварительной обработки

Обработка данных лазерного сканирования является первой задачей при получении цифровой модели местности (ЦММ). Полная технологическая цепочка обработки охватывает несколько этапов: уравнивание траекторий и облаков точек, устранение

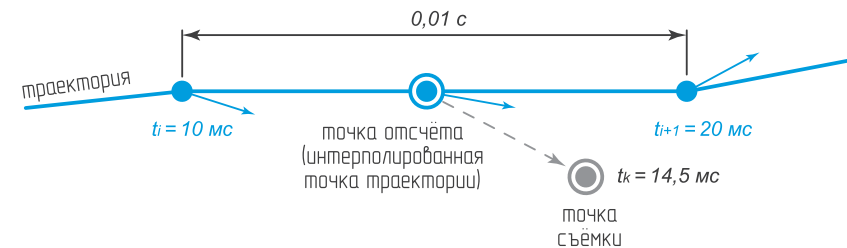


Рис. 2. Использование траектории для получения облака точек

шумов, раскраску в естественные или синтетические цвета и классификацию точек, удаление помех, оцифровку объектов и экспорт в САПР и ГИС для дальнейшей работы [4]. Данная статья подробно рассматривает первые стадии обработки данных, целью которых является создание готовых облаков точек.

Особого внимания заслуживает тот факт, что после выполнения лазерной съёмки мы не получаем сразу облака точек и готовую модель местности. Мы получаем записанные в файлы показания встроенных в систему лазерного сканирования приборов: ГЛОНАСС/GPS-приёмника, гироскопа, акселерометра, датчика вращения колеса автомобиля, лазерных дальномеров и, возможно, данные панорамных видеокамер. Поэтому первоочередная задача на данном этапе — обработка полученных измерений с целью формирования облаков точек.

Рассмотрим основные стадии предварительной обработки (рис. 1).

**А. Уравнивание ГЛОНАСС/GPS точек траекторий.** На данной стадии производится пост-обработка

ГЛОНАСС/GPS-данных. Поскольку для определения положения мобильной лазерной системы (ровера) используется высокоточный режим измерений с базовыми станциями, на вход стадии поступают сразу несколько наборов измерений — от ровера и от базовых станций. Процесс получения ГЛОНАСС/GPS-трека из нескольких наборов измерений называется уравниванием траектории на базовые станции.

**В. Ориентация и сгущение траектории ровера.** На данной стадии траектория, представленная ГЛОНАСС/GPS-треком, дополняется множеством промежуточных точек и получает вектора ориентации в каждой точке. Также производится дополнительное уравнивание точек ГЛОНАСС/GPS-трека. Результатом является траектория, состоящая из множества точек положения ровера в пространстве, точного времени нахождения в данных точках и ориентации ровера.

**С. Генерация облаков точек.** Эта стадия использует траекторию для расчёта XYZ-координат точек, соответствующих измеренным лазерными

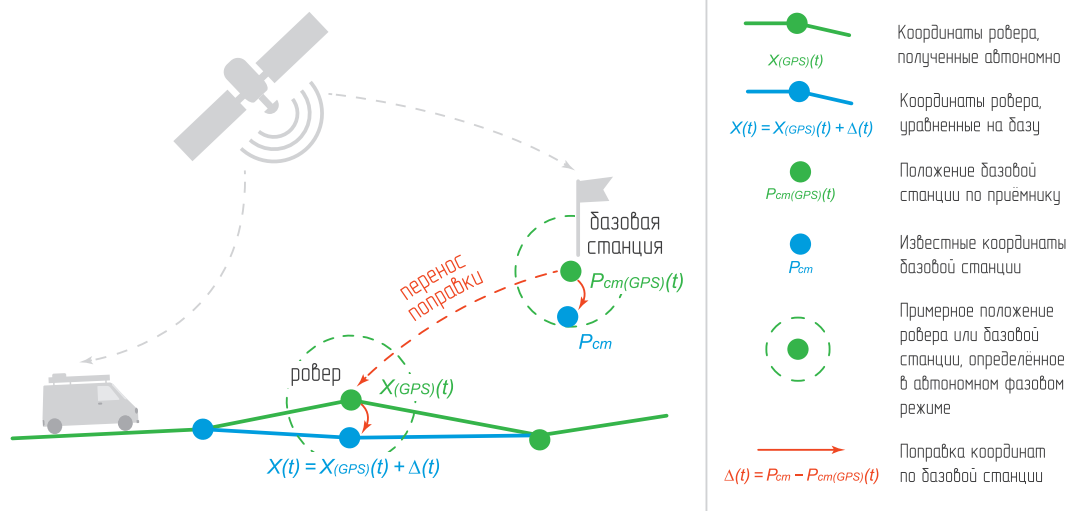


Рис. 3. Уравнивание траектории по базовым станциям



ми дальномерами расстояниям. Таким образом массивы измерений лазерных сканеров превращаются в облака точек.

**Д. Уравнивание облаков точек.** Полученные точки могут содержать ошибки положения, поэтому в зависимости от исходной задачи может потребоваться устранение этих ошибок путём уравнивания облаков.

**Е. Раскраска облаков точек.** На данной стадии облака точек дополняются информацией о цвете снятых точек, получаемой из панорамных фотоснимков.

## Траектория как исходные данные для получения точек

Важнейшим элементом технологии обработки данных лазерного сканирования является траектория движения. Лазерный сканер сообщает лишь расстояние до объекта съёмки. Чтобы получить XYZ-координаты точки съёмки, являющейся элементом облака точек, необходимо знать, откуда и в каком направлении производилось данное измерение расстояния.

В роли такой системы отсчёта выступают положение и ориентация ровера в пространстве в соответствующий момент времени. Эти данные можно получить, используя траекторию движения лазерной системы, представленную набором точек, в каждой из которых точно известны положение и ориентация ровера. За положение ровера принимают положение центра его внутренней системы отсчёта (зачастую совпадает с центром инерциальной навигационной системы или антенны ГЛОНАСС/GPS-приёмника). Проиллюстрируем следующим примером.

*Пусть имеется подготовленная траектория, и требуется найти координаты точки съёмки, полученной в момент времени  $t_k = 14,5$  мс (рис. 2). Точные координаты ровера нам известны только в моменты времени  $t_i = 10$  мс и  $t_{i+1} = 20$  мс, поэтому координаты точки отсчёта и ориентацию ровера в момент времени  $t_k$  можно получить интерполяцией по точкам траектории. Затем точка отсчёта используется для вычисления точки съёмки по известному вектору расстояния.*

Траектория — это модель перемещения лазерного сканера за вре-

мя съёмки, получаемая обработкой данных от встроенных ГЛОНАСС/GPS-приёмника, инерциальной системы (гироскопа и акселерометра) и ГЛОНАСС/GPS-приёмников базовых станций. Каждая точка траектории имеет параметры времени, положения и ориентации ровера в пространстве и, возможно, априорных ошибок измерения всех величин.

**В зависимости от задачи, для решения которой предназначено итоговое облако точек, к облаку точек, а следовательно, и к траектории предъявляются различные требования точности.**

В зависимости от задачи, для решения которой предназначено итоговое облако точек, к облаку точек, а следовательно, и к траектории предъявляются различные требования точности [5, 8]. Для таких задач, как проектирование реконструкции и ремонта формальные требования точности выражаются в требованиях к характеристикам теодолитного хода при геодезических изысканиях [9], что на практике означает точность измерения в плане порядка 1–5 см, по высоте — 5–10 мм.

Для достижения такой точности съёмки погрешность определения положения ровера должна составлять единицы миллиметров, а ориентации — единицы угловых минут. Это возможно только с использованием всех рассматриваемых ниже стадий обработки данных лазерного сканирования.

Для ряда других задач, например паспортизации автомобильных дорог, требования точности существенно ниже, вплоть до дециметров. В таких случаях некоторые стадии обработки, такие как уравнивание облаков, можно опустить.

## Уравнивание траектории по базовым станциям

Точки траектории ровера получают с помощью встроенного в ровер ГЛОНАСС/GPS-приёмника. Приёмник подобного типа поддерживает несколько режимов работы, существенно отличающихся точностью определения координат.

Автономный режим обеспечивает точность до 30 м в худшем случае и до 3–5 м в среднем и вряд ли может быть эффективен для решения рассматри-

ваемых задач. Дифференциальный кодовый режим подразумевает съёмку с установленными референц-станциями и обеспечивает точность 0,5–5 м. Этого может быть достаточно для решения задач масштаба геоинформационных систем.

Для наиболее точного определения координат ровера в пространстве используется дифференциальный фазо-

вый режим, позволяющий добиться точности порядка 0,5–20 мм [10, 11]. Если приёмники поддерживают данный режим, целесообразно сделать выбор в его пользу.

Оба дифференциальных режима позволяют производить координирование в реальном времени за счёт обмена данными между ровером и базовыми станциями по радиосвязи. Однако из-за подверженности радиосигнала помехам и наличию запаздывания применения дифференциальных поправок более подходящим является второй способ — автономная запись данных ровера и станций с последующей пост-обработкой.

В ходе пост-обработки, называемой уравниванием ГЛОНАСС/GPS-измерений по базовым станциям, используются данные с приёмника ровера и приёмников стационарных базовых станций, размещённых вдоль пути следования ровера. У каждой базовой станции есть известные координаты  $P_{ст}$ , которые используются для вычисления вектора поправки  $\Delta(t)$  к показаниям приёмника базовой станции  $P_{ст(GPS)}(t)$ . На основании поправок на всех базовых станциях вычисляется уравненная поправка, которая затем применяется к показаниям приёмника ровера  $X_{(GPS)}(t)$ , в результате чего получают уравненные координаты ровера  $X(t)$ . Данное уравнивание выполняется с помощью специализированных программ (рис. 3).

## Ориентирование и сгущение траектории

Полученный на стадии уравнивания траектории набор точек всё ещё не пригоден в качестве точек отсчёта

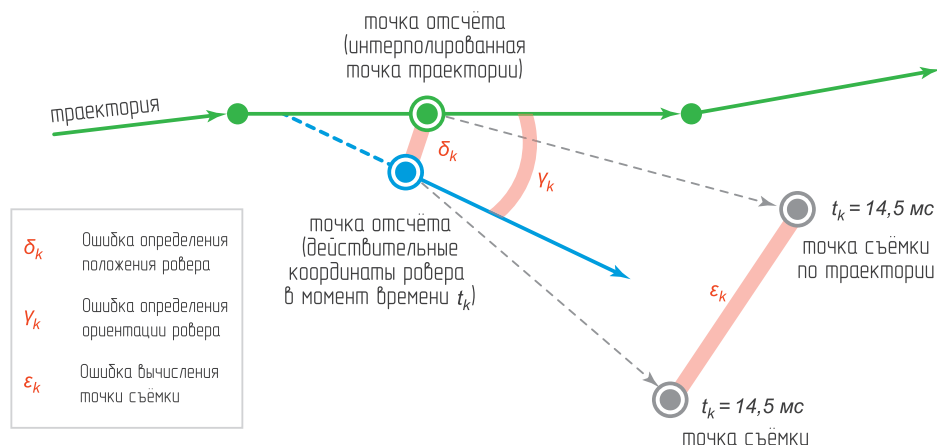


Рис. 4. Влияние качества траектории на ошибку вычисления точки съёмки

для вычисления облаков точек по двум причинам:

1. Отсутствуют данные об ориентации в каждой точке (требуется ориентирование).

2. Временной интервал между точками слишком велик (0,1–1 с), что соответствует расстоянию более метра при расчётной скорости движения ровера 60 км/ч (требуется сгущение).

В качестве наиболее простого приближённого решения можно довольствоваться интервалом между точками в несколько метров и считать, что ориентация ровера совпадает с вектором между соседними точками. Однако слишком грубое приближение: автомобиль всегда имеет

небольшой боковой снос и крен на поворотах, «взлетает» или «клюёт носом» при ускорении и торможении и т.д. В результате углы курса, тангажа и крена автомобиля, а следовательно, и ровера, могут заметно расходиться с направлением его движения (по крайней мере, существенно больше требуемой нам точности, исчисляемой в угловых минутах).

В таком случае при работе с точкой отсчёта, взятой примерно посередине между точками траектории, ошибка измерения угла  $\gamma_k$  может составить целые градусы, а ошибка определения положения  $\delta_k$  — дециметры (например из-за попадания колеса в выбоину или на кочку в результате резкого тормо-

жения или другого манёвра). В сумме, учитывая, что расстояние от лазера до точки съёмки составляет десятки метров, это даст ошибку определения точки съёмки  $\epsilon_k$  до метра, что неприемлемо при решении большинства задач. На рис. 4 проиллюстрирован пример такой ситуации.

Лучший способ ориентирования и сгущения траектории заключается в использовании данных, полученных от гироскопов и акселерометров, образующих инерциальную навигационную систему (ИНС) [12, 13]. ИНС регистрирует, как перемещался и как менял направление ровер относительно некоторого известного начального положения и направления, и работа-

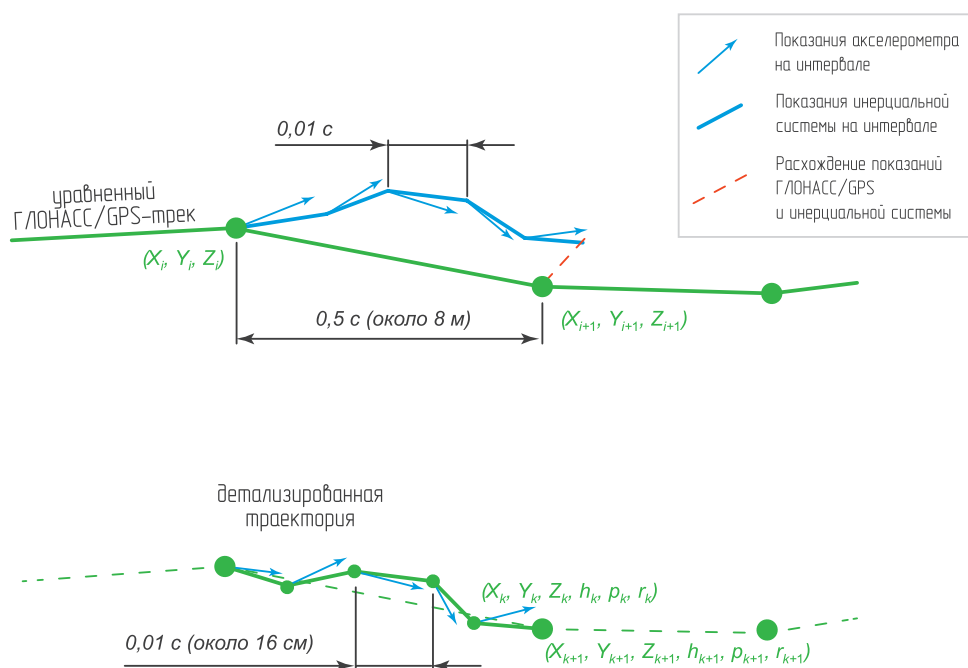


Рис. 5. Ориентирование и сгущение траектории по данным инерциальной системы

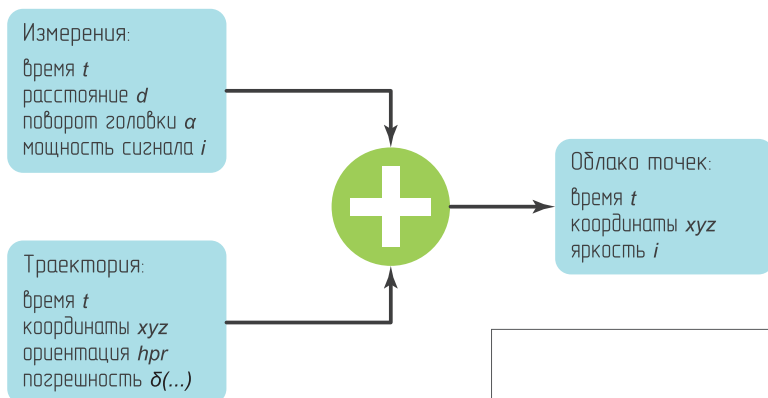
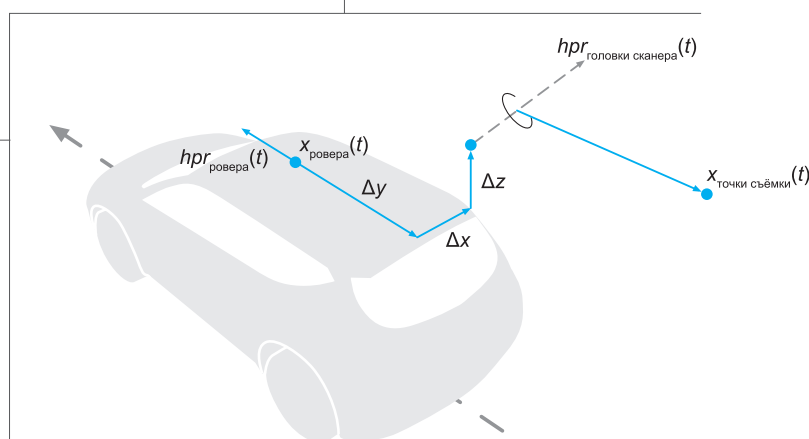


Рис. 6. Измерения, участвующие в вычислении точек съёмки

Рис. 7. Геометрическая интерпретация вычисления точки съёмки



ет на частоте порядка 100 Гц, что соответствует временному интервалу в 10 мс или расстоянию 16 см при расчётной скорости 60 км/ч и является удовлетворительным условием для построения облака точек.

Приборы ИНС, в свою очередь, имеют собственную погрешность [14, 15], вследствие которой суммарный вектор перемещения, вычисленный по истечении длительного времени, может существенно не совпадать с вектором от одной ГЛОНАСС/GPS-точки траектории до следующей, что приводит к необходимости выполнять уравнивание показаний ИНС по точкам ГЛОНАСС/GPS-траектории.

Для этого между каждыми двумя точками ГЛОНАСС/GPS-трека с известными координатами положения  $X_i$  и  $X_{i+1}$  вписываются показания, полученные инерциальной системой на данном временном интервале: показания акселерометра при известной скорости автомобиля в начальной точке определяют ряд смещений, а показания гироскопа — отклонения в углах ориентации от некоторого первоначального направления (пример на рис. 5). Одновременно решается задача ориентирования и сгущения траектории: на каждом смещении создаётся новая точка траектории  $X_k'$ , дополненная координатами ориентации  $(h_k, p_k, r_k)$ , т.е. плотность расположения точек возрастает, и каждая точка получает вектор направления движения ровера в трёхмерном пространстве.

Эта стадия может быть выполнена с помощью программных пакетов Trimble Trident (Trimble, США), Applanix POSPac MMS (Applanix, Канада), Topcon Spatial Factory (Topcon, Япония), GrafNav/GrafNet (NovAtel, Канада), RT PostProcess (Oxford Technical Solutions, Великобритания).

Отдельного внимания заслуживает вопрос определения начальной ориентации ровера. Поскольку гироскоп показывает лишь отклонения от ориентации в начальный момент времени, углы начального курса, тангажа и крена ровера являются неизвестными. Причём если первые два можно определить по точкам траектории, то начальный крен можно определить, только если траектория не является прямолинейной, а ещё лучше — содержит самопересечения в одном уровне. Получение начальной ориентации ровера называется инициализацией и выполняется таким образом, чтобы маршрут съёмки начинался с разворотов на  $360^\circ$ .

## Генерация облака точек

Облако точек — это специфическая цифровая модель местности, представленная большим количеством точек в трёхмерном пространстве. Координаты точек могут быть дополнены различными параметрами [16].

Особенность работы лазерного сканера заключается в том, что он не вычисляет «на лету» координаты каждой снятой точки, а лишь сохраняет параметры события: время  $t$ , скалярное расстояние от лазера до точки  $d(t)$  и угол поворота головки  $\alpha(t)$  в данный момент времени. Поэтому первая задача, необходимая для генерации облака точек — преобразование измерений в координаты точки съёмки  $X(t)$ , используя данные траектории (рис. 6).

Рассмотрим схему вычисления координат одной точки, снятой в момент времени  $t$ . Допустим, мы уже знаем точку отсчёта, соответствующую положению ровера  $X_{ровера}(t)$  с заданными углами курса, тангажа и крена  $hpr_{ровера}(t)$  (аббревиатура



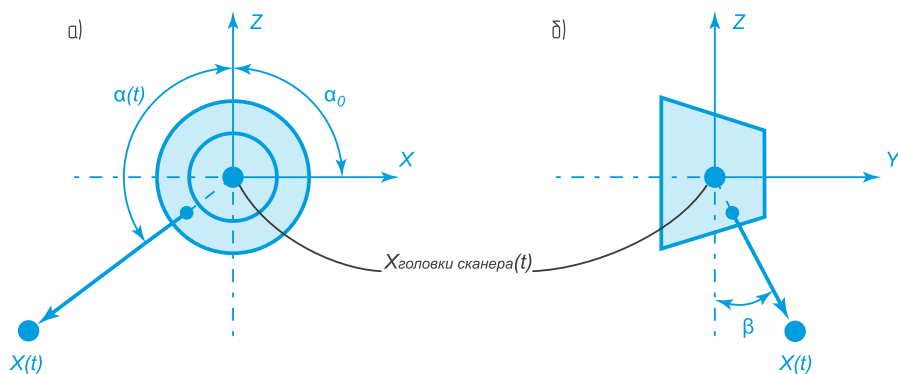


Рис. 8. Углы выходящего лазерного луча в системе координат головки сканера:  
а) углы поворота;  
б) угол склонения луча назад

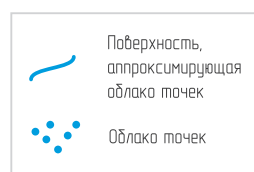


Рис. 9. Влияние случайных и систематических ошибок на положение точек съёмки

от англоязычных названий углов — *heading, pitch, roll*), образующую таким образом локальную систему координат ровера.

В этой системе координат по смещениям  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$  находится центр головки лазерного сканера, имеющей собственные углы курса, тангажа и крена  $hpr_{\text{головки сканера}}(t)$  (рис. 7). Смещения и углы установки головки являются паспортными данными лазерного устройства и постоянны с точностью до калибровочных поправок.

Находясь в системе координат головки сканера, поймавшей в момент времени  $t$  сигнал отражённого лазерного луча, требуется получить координаты точки съёмки  $X(t)$ , находящейся на измеренном расстоянии  $d(t)$ . Для этого необходимо знать направление лазерного луча, которое определяется двумя углами. Первый — это угол поворота головки лазерного сканера  $\alpha_0 + \alpha(t)$ , где  $\alpha_0$  — нулевой угол поворота. Второй — это угол  $\beta$ , определяющий смещение луча назад относительно плоскости вращения головки сканера (рис. 8).

Обозначив за  $h$ ,  $p$  и  $r$  углы курса, тангажа и крена ровера в момент времени  $t$  либо установочные углы курса, тангажа и крена головки сканера (в зависимости от контекста), общую схему вычисления положения точки съёмки в системе координат ровера можно записать следующей формулой [17]:

$$X(t) = \begin{pmatrix} d(t) \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \times M_{\text{направления луча}} \times M_{\text{ориентации головки}} \times M_{\text{смещения головки}} \times M_{\text{ориентации ровера}},$$

где:

$$M_{\text{направления луча}} = \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta & 0 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \cos(\alpha_0 + \alpha(t)) & 0 & \sin(\alpha_0 + \alpha(t)) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\alpha_0 + \alpha(t)) & 0 & \cos(\alpha_0 + \alpha(t)) \end{pmatrix},$$

$$M_{\text{ориентации ровера или головки сканера}} = \begin{pmatrix} \cos r & 0 & \sin r \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin r & 0 & \cos r \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos p & -\sin p \\ 0 & \sin p & \cos p \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \cos h & -\sin h & 0 \\ \sin h & \cos h & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$M_{\text{смещения головки сканера}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta x \\ 0 & 1 & 0 & \Delta y \\ 0 & 0 & 1 & \Delta z \end{pmatrix}.$$

Применив эти формулы к данным уравненной траектории и массивам измерений, можно сформировать набор (облако) точек. Координаты точки отсчёта  $X_{\text{ровера}}(t)$  и  $hpr_{\text{ровера}}(t)$  получаются линейной интерполяцией между соседними точками траектории (рис. 2).

Работа по генерации облаков производится в системах обработки лазерных данных, среди которых стоит отметить Bentley TerraSolid (Terrasolid, Финляндия), Trimble Trident-3D (Trimble, США), Riegl RiSCAN Pro (Riegl, Австралия), Topcon Spatial Factory (Topcon, Япония), CG2 LIDAR Fusion Geoint (CG2, США), FARO Scene (Faro, США), IndorCloud («ИндорСофт», Томск). Заметим, что некоторые из перечисленных программ также пригодны и на стадии уравнивания траектории, особенно в случае программного обеспечения, поставляемого вместе с лазерным сканером.

## Уравнивание облаков точек

Вычисленные точки облаков могут отклоняться относительно действительного положения на расстояния до нескольких сантиметров. Такое несоответствие (абсолютная невязка) следует из ошибок вычисления начальных углов курса, тангажа и крена ровера, а также погрешностей измерений навигационных приборов и самого сканера [18].

Ошибка вычисления координат включает в себя как случайную компоненту, так и накопленную систематическую ошибку, т.е. проявляющуюся на каком-то соизмеримом с масштабом съёмки интервале (рис. 9). Методы, о которых пойдёт дальше речь, позволяют устранять только систематические ошибки. Систематические ошибки зачастую вызваны неверно заданными параметрами устройства, например углом установки курса одной из головок сканера.

В силу природы систематических ошибок, точки, снятые примерно в одно и то же время, будут подвержены примерно одинаковой ошибке, в то время как точки, разнесённые по времени, могут иметь разные ошибки. Для минимизации невязки необходимо каким-то образом различать массивы точек, подверженные разным значениям ошибки. По этой причине данные с прямого и обратного проездов, а также от разных головок сканера относятся к разным облакам точек (рис. 10), которые затем подвергаются независимым корректировкам. Этот процесс называется уравниванием облаков точек [19].

Признаком постоянных систематических ошибок является расхождение точек облаков на больших расстояниях от сканера, и напротив — практически полное совпадение вблизи сканера. Для устранения постоянных ошибок необходимо откалибровать лазерную систему. Для этой цели выполняется специальная калибровочная съёмка, и вычисляются отклонения параметров для каждой головки сканера

в предположении, что ошибка определения координат ровера устранена в силу особенностей проведения такой съёмки: открытой местности, низкой скорости движения и избыточности полученной информации.

### Алгоритмы устранения систематических ошибок

Для устранения систематических ошибок используются различные алгоритмы уравнивания облаков. Идеи, лежащие в основе алгоритмов уравнивания, во многом заимствованы из инженерной геодезии [20], и отличаются главным образом применением к огромным массивам данных. Наиболее распространённый подход заключается в определении точек и линий соответствия облаков [19, с. 15–17]. Точка или линия соответствия представлена набором сопоставленных элементов, каждый из которых распознаётся в своём облаке (рис. 11). В этом случае за невязку берётся разность координат сопоставленных точек или линий. Если невязки примерно одинаковы на различных участках облака, что говорит о действии постоянных ошибок, решается задача минимизации невязок с подбираемыми поправками к параметрам участка траектории.

В случае с непостоянными ошибками поправки к параметрам подбираются не для больших участков, соответствующих целым облакам точек, а для каждого небольшого участка проезда, на котором ошибка осталась относительно постоянной.

Применение таких поправок является непростой задачей, поскольку необходимо правильно интерполировать значения поправок в каждый момент времени. Дополнительно могут подключаться данные о точности координирования.

Любой алгоритм даст лучшие результаты, если материал будет дополнен данными контрольной геодезической съёмки (рис. 11). При подготовке к выполнению лазерного сканирования желательно также нанести специальные метки на поверхности в точках съёмки, которые в дальнейшем можно будет визуально распознать в облаке и сопоставить с данными контрольных измерений не только по высоте, но и по координатам в горизонтальной плоскости [1].

Результат операции уравнивания может быть сохранён в виде отдельного файла с поправками либо применён к траектории или облаку точек путём перезаписи соответствующего файла.

### Раскраска облака точек

Уравненные облака точек уже пригодны для извлечения данных ЦММ, однако в демонстрационных целях могут быть раскрашены различными методами. Простые методы позволяют раскрасить облако градиентом по высотной отметке, мощности сигнала, номеру отражения, классу точек, принадлежности облаку, траектории или головке сканирующего устройства.

При подключении данных панорамного видеоряда возможно использование для раскраски цветов, взятых с фотографий, снятых с определённым

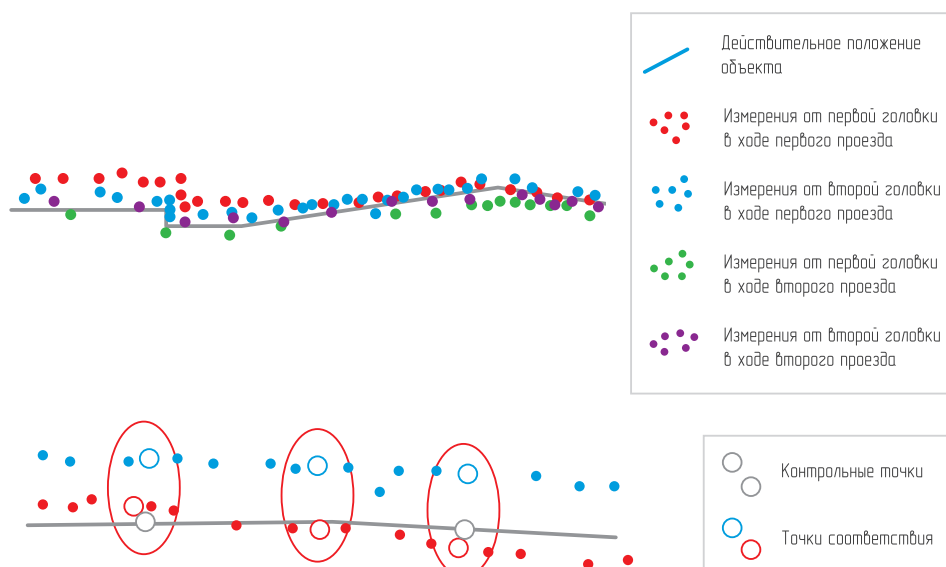


Рис. 10. Несоответствие между облаками точек и действительным положением объекта

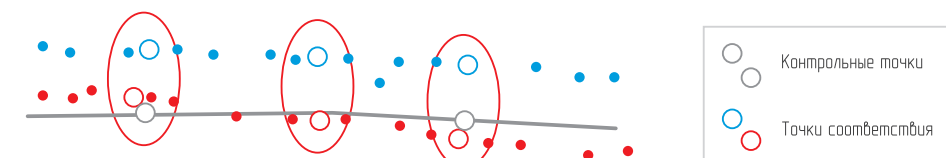


Рис. 11. Уравнивание облаков точек с использованием точек соответствия

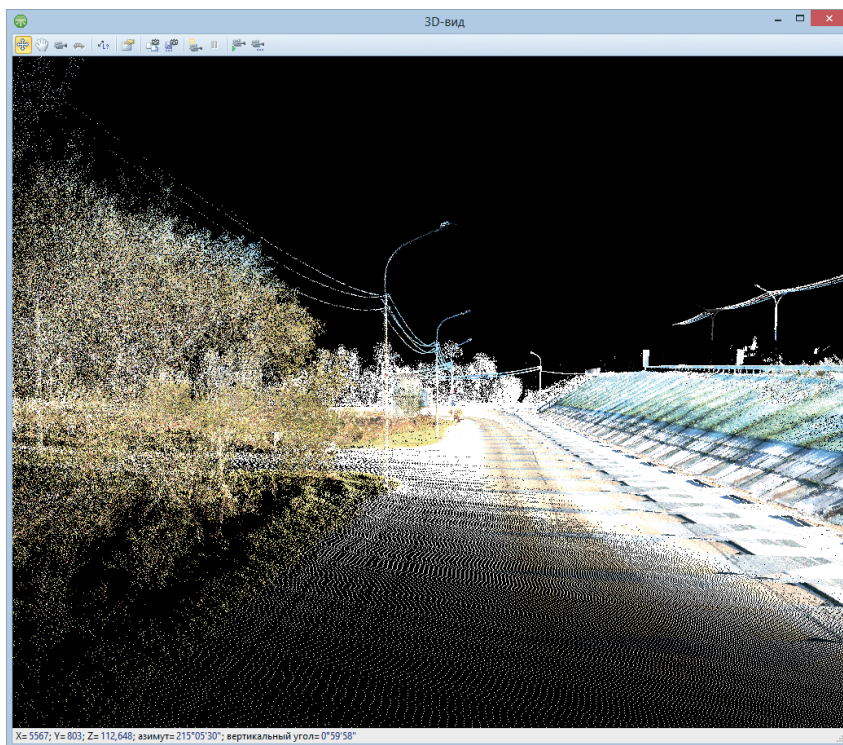


Рис. 12. Раскрашенное облако в IndorCloud

интервалом. После такой раскраски в облаке точек гораздо лучше угадываются очертания многих объектов, будь то бордюрный камень, дорожный знак, окно здания или канализационный люк. Такой вид облаков целесообразно применять в задачах паспортизации и демонстрационных целях (рис. 12).

## Резюме

В заключение перечислим рекомендации по выполнению съёмки и предварительной обработке её результатов с учётом особенностей рассмотренных в статье стадий:

■ Для задач, требующих высокой точности исполнения модели местности (порядка 1 см и менее в плане и по высоте), необходимо проводить съёмку только в дифференциальном фазовом режиме координирования. Иначе можно использовать автономный фазовый режим.

■ Для дифференциальных режимов координирования предпочтительнее использовать пост-обработку, а не обмен данными с помощью радиосвязи, поскольку радиосвязь между ровером и базовой станцией подвержена помехам, прежде всего из-за вероятных препятствий на пути сигнала.

■ Перед началом движения ровера ГЛОНАСС/GPS-приёмник должен быть

проинициализирован, для этого требуется около 5–10 минут.

■ Данные траектории могут быть детализированы с помощью показаний инерциальной системы. При этом корректное определение начального крена ровера возможно, только если маршрут ровера включал в себя петли (например проезды по примыкающим под прямым углом дорогам).

## Литература:

1. Сарычев Д.С. Мобильное лазерное сканирование // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 36–41.
2. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1–7.
3. Скворцов А.В. ВІМ для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 8–11.
4. Сарычев Д.С. Обработка данных лазерного сканирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 16–19.
5. Байгулов А.Н., Романескул М.А., Шумилов Б.М. Метод проектирования ремонтов автомобильных дорог на основе мобильного лазерного сканирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 29–35.
6. Мотуз В.О. Сарычев Д.С. Применение лазерного сканирования и 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 12–15.

7. Pereira L.M.G. Suitability of laser data for DTM generation: a case study in the context of road planning and design // Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 54, No. 4, 1999. P. 244–253.
8. Huising E.J. Errors and accuracy estimates of laser data acquired by various laser scanning systems for topographic applications // Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 53, No. 5, 1998. P. 245–261.
9. СП 11-104-97 Инженерно-геодезические изыскания для строительства. М., 1997.
10. Введение в GPS (Глобальная Навигационная Система). Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Швейцария, 2001. 63 с.
11. Давыдов С. Дифференциальные поправки в ГЛОНАСС и GPS навигации. 2009. URL: [http://gps-club.ru/gps\\_think/detail.php?ID=44517](http://gps-club.ru/gps_think/detail.php?ID=44517)
12. Ryu J. Integrating Inertial Sensors With Global Positioning System (GPS) for Vehicle Dynamics Control // Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control 126, June 2004. P. 243–254.
13. Bevilacqua D.M. Integrating INS Sensors With GPS Measurements for Continuous Estimation of Vehicle Sideslip, Roll, and Tire Cornering Stiffness // IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems 7 (4), December 2006. P. 483–493.
14. Кузовков Н.Т. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация / Кузовков Н.Т., Салычев О.С. М.: Машиностроение, 1982. 216 с.
15. Матвеев В.В. Инерциальные навигационные системы 2012. Учеб. пособие: ТулГУ, 2012. 199 с.
16. Soininen A. TerraScan User's Guide. Terrasolid, 2014. P. 38–39.
17. Лурье А. И. Аналитическая механика. М.: Физматлит. 1961 г. 824 с.
18. Barber D. Geometric validation of a ground-based mobile laser scanning system // Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 63, No. 1, 2008. P. 128–141.
19. Soininen A. TerraMatch User's Guide. Terrasolid, 2014. 89 p.
20. Куштин И. Ф. Инженерная геодезия / Куштин И. Ф., Куштин В. И. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 417 с.





## Эффективное управление информацией на всех этапах ЖЦ АД

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

*Рассматривается взаимодействие участников различных процессов в ходе жизненного цикла автомобильной дороги. Приводится пример типичного взаимодействия, при котором велики затраты на воссоздание требуемой части информационной модели на стыке многих этапов взаимодействия и неэффективно использование творческих ресурсов инженеров. Рассматривается возможный вариант взаимодействия с использованием единой информационной модели объекта (автомобильной дороги), при котором существенно повышаются скорость и качество выполнения работ на всех этапах жизненного цикла.*

## Введение

В современном мире трудно сохранять конкурентоспособность, используя лишь традиционные, десятилетиями использовавшиеся подходы, не применяя современные технологии и инновации — конкуренты выполняют заказ быстрее и дешевле. Однако под современными технологиями подразумевается не только постоянно обновляемый парк компьютеров и регулярно обновляемое программное обеспечение. Да и инновации — это не только приобретение нового «модного» программного пакета. Организация правильного взаимодействия между всеми участниками процесса — ключевой момент в повышении производительности и сокращении затрат.

В дорожном хозяйстве объектом хозяйственной деятельности является автомобильная дорога. С автомобильной дорогой в ходе её жизненного цикла [1, 2] работают разные организации. У неё есть владелец, планирующий и финансирующий все работы, строители, непосредственно выполняющие работы по строительству (реконструкции, ремонту), проектировщики, эксплуатирующие организации и т.д.

Рассмотрим несколько вариантов взаимодействия участников в жизненном цикле автомобильной дороги.

## Как оно бывает (распространённый вариант)...

Заказчик принимает решение о необходимости строительства некоторой дороги. Организует конкурс на проектно-изыскательские работы, после проведения которого некая проектная компания выигрывает лот и приступает к работе.

## Изыскания и проектирование

На субподряд отдаются изыскания. Группа изыскателей, получив задание, выезжает на местность, производит геодезическую съёмку, обрабатывает её, готовит топографические планы, формирует отчёт и сдаёт материалы проектировщикам, как было оговорено в техническом задании — «в электронном виде». Пусть даже формат «электронного вида» был оговорен — dwg-файлы. Параллельно работают геологи, гидрологи, экологи, также готовя отчёты и чертежи по своим направлениям.

В результате проектировщики получают материалы изысканий — чертежи в «электронном виде», на которых нанесены изолинии, отметки поверхности в характерных точках, объекты ситуации и другая, правильная с точки зрения оформления топографических планов, информация. Предыдущее поколение проектировщиков, вероятно, ещё помнит, как проектировались дороги «по горизонталям» [3], но настолько пессимистический вариант не будет рассматривать. Пусть проектировщики используют САПР [4], позволяющую осуществлять анализ модели поверх-

ности, строить сечения, считать объёмы между поверхностями и т.д. Тогда для проектирования автомобильной дороги с помощью САПР нужны не чертежи, а модель существующей поверхности и объектов, расположенных на ней. Однако проектировщики получают чертежи и вместо того, чтобы сразу начать проектировать, сначала вынуждены тратить достаточно большое количество времени на восстановление модели из полученных чертежей. Заметим, что восстановленная модель будет заведомо более низкой точности, чем та, которую имели изыскатели, когда формировали чертежи — такова жизнь. В результате — первые серьёзные временные потери и задел на снижение точности при последующих подсчётах объёмов работ.

Итак, проектировщики, восстановив исходную модель рельефа, приступают к проектированию. Прокладывают трассу, проектируют продольный профиль, конструкцию дорожной одежды, объекты инженерного обустройства, подсчитывают объёмы земляных работ и т.д. Результат работы проектировщика — это бумажный экземпляр проектной документации, оформленный в соответствии с Постановлением правительства [5], включающий в себя чертежи плана, профилей, схему обустройства, огромное количество ведомостей и смет.

Кстати, о сметах. Традиционный подход предполагает подключения сметного отдела на финальном этапе проектирования, когда все материалы определены, объёмы и площади подсчитаны, всё обустройство запроектировано, и по всем проектным данным выпущены ведомости объёмов строительно-монтажных работ. После готовности этих документов подключается сметчик, который все объёмы сводной ведомости переводит с помощью базисно-индексного или ресурсного метода в рубли.

И вот — финишная прямая: чертежи распечатаны, ведомости сформированы, сметы посчитаны, страницы пронумерованы, на каждой подписи проставлены, тома проектной документации прошиты, и три стопки трёх экземпляров проектной документации готовы к передаче заказчику. Как вдруг...

Правильно! От заказчика приходит команда внести небольшие правки в проект (поправить профиль, подвинуть вершину угла, изменить радиус кривой или ещё что-нибудь, казалось бы, мелкое). И проектную контуру накрывает «аврал». Нужно срочно переделать всё то, чего коснулись изменения, перелопатить кучу чертежей и ведомостей, пересчитать сметы и т.д. Бывает, что изменения вносятся по несколько раз. Каждый — с переделкой пусть не всей, но части документации.

Наступает этап проверки качества проектной документации и принятых инженерных решений — экспертиза. Органы государственной экспертизы получают проектную документа-

Современная строительная техника, оснащённая инструментами спутниковой навигации и высокоточным геодезическим оборудованием, умеет автоматически формировать поверхность, модель которой загружается в блок управления.

цию, которую начинают тщательно изучать, искать ошибки, несоответствия проекта СНИП, перепроверять ведомости (не имея модели!) и сметы. Проектировщики тем временем «держат пальцы крестиком» и ждут списка замечаний. Но список они получают только тогда, когда проект будет полностью изучен экспертами и весь список будет сформирован. Если в результате проверки будут выявлены серьёзные замечания, возможно потребуются несколько итераций для прохождения данного этапа. Опять же налицо неэффективное использование ресурсов проектной организации в режиме «аврал — простой».

### Строительство

Проходит время. Заказчик решает начать строительно-монтажные работы и передаёт проектную документацию строителям. В том виде, в котором она у него есть, — чертежи, ведомости, схемы, спецификации в бумажном и электронном виде. Строители начинают работать — снимать растительный слой, отсыпать земляное полотно, разравнивать, уплотнять, укладывать слои дорожной одежды...

Современная строительная техника, оснащённая инструментами спутниковой навигации и высокоточным геодезическим оборудованием, умеет автоматически формировать поверхность, модель которой загружается в блок управления. То есть для того чтобы построить в точности то, что было запроектировано, строительной машине нужна модель. А поскольку слои дорожной одежды укладываются последовательно друг за другом, нужна модель поверхности каждого слоя дорожной одежды! Но строителям традиционно передают чертежи! А по чертежам, оформленным в соответствии с ГОСТ, модель хоть и возможно построить (чисто гипотетически), но на это уйдёт огромное количество времени. Более того, модель будет менее точной (неполнота чертежа, округления отметок, возможные ошибки при вводе данных), чем та, которая была у проектировщиков.

### Эксплуатация

И вот — стройка закончена, в соответствии с проектным решением нанесена разметка, расставлены дорожные знаки, установлены ограждения и сигнальные столбики и т.д. Наступает этап эксплуатации дороги и её содержания — поддержания на должном уровне её транспортно-эксплуатационного состояния. Для качественного и своевременного обслуживания участка дороги организации, производящей это обслуживание, изначально приходится самостоятельно формировать перечень объектов, которые должны поддерживаться в рабочем состоянии, каким-то образом получать и как-то хранить геометрические параметры дороги и другую информацию, которая уже была в модели на этапе проектирования! Опять получаем потерю информации и, как следствие, времени и денег.

### Ремонт/Реконструкция

В ходе эксплуатации автомобильной дороги возникает необходимость проведения ремонта или реконструкции того или иного участка автомобильной дороги. А ведь что такое, по сути, ремонт? Это приведение дороги в соответствие действующим нормам. Но ведь был же готовый проект, по которому дорога была построена. Если сделать съёмку поверхности существующей дороги, подгрузить её в готовую модель, чуть-чуть подкорректировать (при необходимости) проектное решение, то работы будет гораздо меньше, но... Весь процесс запускается с начала: конкурс, изыскания, проектирование, строительные работы... По описанной выше схеме, с существенными потерями данных практически на каждом переходе от этапа к этапу...

### Итого

В течение жизненного цикла автомобильной дороги информационная модель, необходимая для обеспечения очередной фазы цикла, каждый раз воссоздавалась практически с нуля. На восстановление модели затрачивалось время, при этом каждый раз так или иначе терялась её точность.

Каждый владелец модели «предыдущего» этапа не считал возможным или необходимым передавать свою модель на «следующий» этап. Кто-то решил, что модель — его «интеллектуальная собственность», кто-то формально выполнил требование технического задания, где сказано «передать материалы в электронном виде» (ведь набор растровых картинок — тоже «электронный вид»).

### Как оно могло бы быть (гипотетически)...

Заказчик принимает решение о необходимости строительства (реконструкции, ремонта) некоторой дороги. Организует конкурс на проектно-изыскательские работы, после проведения которого некая проектная компания выигрывает лот и приступает к работе.

### Изыскания и проектирование

На субподряд отдаются изыскания. Группа изыскателей, получив задание, выезжает на местность, производит геодезическую съёмку, первично обрабатывает её, и уже на этом этапе передаёт информационную модель проектировщикам, которые, не дожидаясь финальных результатов изысканий, начинают проектирование. Далее, по ходу доработки и наполнения модели существующей местности, изменённая модель может вручную или автоматически подменять ту модель местности, с которой уже работают проектировщики. По окончании работ изыскатели формируют отчёты о проделанной работе и более никаких бумажных материалов заказчику не передают, поскольку вся собранная необходимая информация давно находится в модели.

Все участники процесса (заказчик, изыскатели, проектировщики) уже на этом этапе имеют доступ к единой информационной модели с возможностью внесения изменений (корректировки модели) в зоне своей ответственности. Заказчик имеет доступ к модели в режиме просмотра и может оставлять комментарии к тем или иным участкам работ, которые будут



Все участники процесса (заказчик, изыскатели, проектировщики) уже на этом этапе имеют доступ к единой информационной модели с возможностью внесения изменений (корректировки модели) в зоне своей ответственности.

видеть остальные участники процесса. Это позволяет проектировщикам оперативно реагировать на замечания заказчика и учитывать «внезапно выяснившиеся обстоятельства» на более ранних этапах проектирования.

Уже на начальных этапах проектирования могут быть подключены сметчики, которые заносят в модель информацию о стоимости материалов и работ [6]. Потом, при задании, например, конструкции дорожной одежды, проектировщик лишь выбирает материал, а его стоимость в модели уже определена. В результате стоимость строительства всего объекта или отдельных его частей может быть рассчитана автоматически по информационной модели, исходя из объёмов, стоимости материалов и видов работ, которые нужно выполнить. При внесении изменений в модель (поменяли профиль трассы, изменили радиус кривой в плане, заменили один материал другим) теперь далеко не во всех случаях требуется подключение сметчиков, а лишь тогда, когда в модели появились объекты, о которых отсутствует информация, влияющая на стоимость, или принято решение о замене одной технологии на другую.

Органы государственной экспертизы для оценки проектного решения и выдачи заключения получают доступ к информационной модели на стадиях проектирования, близких к финальным. Замечания и рекомендации эксперты оставляют непосредственно в модели в виде специальных маркеров с комментариями, что даёт возможность проектировщикам исправлять замечания сразу после их появления.

По окончании проектирования заказчик получает небольшое количество бумажной документации и основной результат проектирования — информационную модель дороги, включающую в себя и модель проектной поверхности, и модели поверхности каждого слоя дорожной одежды, и модели объектов инженерного обустройства, и информацию о сметной стоимости каждого значимого объекта в проекте. Из такой модели при необходимости можно получить чертежи, ведомости, спецификации, координаты установки объектов инженерного обустройства и много другой полезной информации.

И даже если после окончания проектирования от заказчика приходит команда внести небольшие правки в проект (поправить профиль, изменить радиус кривой или ещё что-нибудь незначительное), то никакого аврала не происходит. В модель дороги вносятся нужные коррективы, и всё! Не нужно переделывать кучу

чертежей и ведомостей, пересчитывать сметы и т.д.

### Строительство

Перед началом строительных работ заказчик передаёт строителям часть информационной модели дороги, которую нужно построить, либо предоставляет ограниченный доступ к модели. Всю информацию об объекте — координаты, геометрические параметры дороги, отметки земляного полотна, проектной поверхности и объёмы работ — строитель может получить из модели в том виде, в котором ему надо. В случае использования строительной техники, оснащённой инструментами спутниковой навигации и высокоточным геодезическим оборудованием [7], поверхность любого слоя дорожной одежды также в любой момент извлекается из модели дороги. Местоположение всех элементов обустройства, а также чертежи и спецификации получают из модели.

### Эксплуатация

Доступ к информационной модели дороги может быть дан и эксплуатирующей организации, которая будет использовать информацию о геометрии дороги, элементах обустройства, водопропускных трубах и т.д. при планировании различных мероприятий для качественного и своевременного обслуживания участка дороги. В случае добавления или перемещения объектов инженерного обустройства модель дороги в соответствующей части может актуализироваться непосредственно эксплуатирующей организацией.

### Ремонт

При возникновении необходимости проведения ремонта какого-либо участка автомобильной дороги с помощью дорожной лаборатории выполняется лазерная съёмка покрытия и обочин [8], обработанные результаты съёмки [9, 10] подгружаются в информационную модель в качестве слоя существующей поверхности и при необходимости корректируется уже имеющееся проектное решение.

### Итого

В течение жизненного цикла автомобильной дороги её информационная модель с нуля создавалась лишь единожды, дополняясь на разных этапах той или иной информацией. Использование единой информационной моде-

ли позволило существенно сократить временные издержки на разных этапах.

## Заключение

Казалось бы, все понимают, что сразу три пункта «быстро», «дешево» и «качественно» звучат слишком идеалистично (вот «долго, дорого и плохо» — гораздо понятнее и привычнее российскому человеку). В то же время информационные технологии изначально ориентированы на то, чтобы позволять делать что-либо быстрее и дешевле. Тенденции современного мира — сокращение сроков и бюджета. Это касается всего.

Однако от того, *как* будут использоваться информационные технологии в ходе жизненного цикла объекта капитального строительства, зависит сокращение затрат как на проектирование и строительство, так и на эксплуатацию объекта.

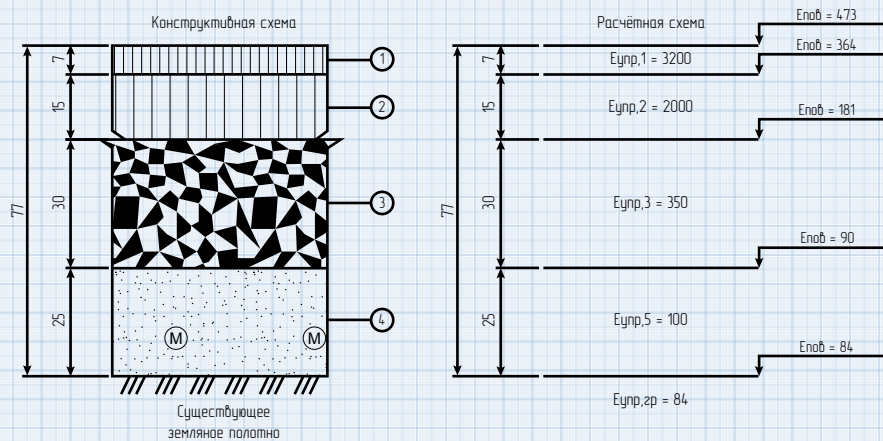
Если сопровождать объект (дорогу) по первому сценарию, то даже при использовании современного программного обеспечения избыточные затраты и низкая производительность неизбежны. Для перехода на качественно новый уровень необходимо создавать, развивать, использовать информацию и управлять ею на всех этапах жизненного цикла. Это и есть BIM [2, 11, 12].

BIM — это не только программное обеспечение. В первую очередь, это — организация процесса. Процесса создания и управления информацией на всех этапах жизненного цикла объекта капитального строительства. Возможно, второй сценарий взаимодействия, описанный в этой статье, кому-то покажется утопией. Однако каждая его часть в отдельности не выглядит нереализуемой, а значит — возможна и полная реализация, которая позволит существенно экономить и выигрывать на всех этапах.

Выходит, что чтобы начать выигрывать, мало приобрести программное обеспечение. Надо ещё научиться мыслить по-новому. ■

## Литература:

1. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1–7.
2. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 8–11.
3. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1: Учебник для вузов. М.: Транспорт. 1979. 367 с.
4. Федотов Г.А., Поспелов П.И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог: Учебник. Книга 1. М.: Высш. шк. 2009. 646 с.
5. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
6. Воронин И.А., Изатов В.А. Методические и организационные аспекты сопряжения САПР со сметно-экономическими системами // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 57–60.
7. Райкова Л.С. Петренко Д.А. Строительство автомобильных дорог на основе 3D-моделей // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 81–85.
8. Сарычев Д.С. Мобильное лазерное сканирование // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 37–41.
9. Медведев В.И., Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Предварительная обработка данных мобильного лазерного сканирования в системе IndorCloud // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 67–74.
10. Турсунов Д.А., Шумилов Б.М., Байгулов А.Н., Колупаева С.Н. Предварительная обработка материалов лазерного сканирования автомобильных дорог // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2011. №3. С. 153–163.
11. Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 12–21.
12. Скворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 22–32.



Набираем группы для проведения учений по правильному использованию системы расчёта дорожных одежд IndorPavement Expert

## Расчёт дорожных одежд без страха и сомнений

В этом году компания «ИндорСофт» открывает новый очный курс обучения по проектированию дорожных одежд в программе IndorPavement. Трёхдневный курс включает в себя теоретическую и практическую части и не только поможет инженерам освежить в памяти свои знания, но и познакомит их с современным инструментарием для расчёта дорожных одежд.

Приглашаем на курсы инженеров: новичков, желающих получить дополнительные знания и стать первоклассными специалистами, а также настоящих профессионалов своего дела, стремящихся разобраться в тонкостях существующих методик и новых функциональных возможностях программного обеспечения. Если вы не имеете опыта проектирования дорожных одежд, но всё же хотите принять участие в обучении, то и это возможно! Подготовиться к обучению поможет бесплатный дистанционный курс по системе IndorPavement.

По окончании обучения каждый слушатель очного курса научится конструировать и рассчитывать как нежёсткие, так и жёсткие дорожные одежды, освоит работу с инструментами оптимизации, ознакомится с типовыми альбомами конструкций дорожных одежд, библиотекой материалов и много другое. В качестве приятного бонуса каждый слушатель получит именной сертификат, удостоверяющий успешное окончание курса обучения от компании «ИндорСофт».

### Программа обучения:

- Вводное занятие (виды конструкций, критерии расчёта, интерфейс программы).
- Расчёт нежёсткой дорожной одежды на прочность (в том числе с учётом геосинтетических материалов).
- Расчёт нежёсткой дорожной одежды на морозоустойчивость.
- Расчёт толщины дренажного слоя.
- Расчёт жёсткой дорожной одежды.
- Усиление конструкций дорожных одежд.
- Библиотека материалов.
- Альбом типовых решений.
- Оптимизация конструкций и технико-экономический анализ вариантов.
- Формирование отчётной документации.

### Предлагаем выбрать ближайший для вас город:

- Томск
- Новосибирск
- Москва
- Санкт-Петербург
- Казань
- Краснодар
- Астана

или вы можете сами собрать группу в своём городе.

+7 3822 651-386





## Строительство автомобильных дорог на основе 3D-моделей

Райкова Л.С., технический писатель ООО «ИндорСофт» (г. Томск)  
Петренко Д.А., технический директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

*Рассказывается об основных принципах работы трёхмерных систем автоматизированного управления строительной техникой. Особое внимание уделяется способам получения исходных данных — 3D-моделей дороги, — необходимых для работы таких систем. Рассматриваются преимущества использования 3D-систем управления строительной техникой, а также сложности при их внедрении и эксплуатации.*

Строительство автомобильной дороги подразумевает выполнение целого комплекса мероприятий [1, 2], включающих в том числе геодезические разбивочные работы и вынос проекта на местность, земляные работы, укладку нескольких слоёв дорожной одежды, устройство водоотводных и дренажных систем и пр. По завершении каждого этапа производятся мероприятия по контролю соответствия выполненных работ проекту с подписанием соответствующих актов, а по окончании строительства — приёмка автомобильной дороги в эксплуатацию. Многие этапы дорожного строительства являются весьма длительными и трудоёмкими и требуют участия большого количества квалифицированных специалистов. При этом требования к качеству дорог растут с каждым годом, а сроки, наоборот, сжимаются, поэтому без применения современных технологий дорожно-строительным компаниям трудно оставаться конкурентоспособными и удерживать свои позиции на рынке. Технологии, между тем, не стоят на месте: появляются новые разработки в области геодезического оборудования, строительной техники, дорожных одежд, наблюдается тенденция к постепенному отходу от традиционных методов

в сторону всё большей автоматизации строительных процессов. В том числе широкое распространение начинают получать системы автоматизированного управления строительной техникой: бульдозерами, автогрейдером, асфальтоукладчиками и т.д. По уверениям производителей, такие системы достаточно просты в эксплуатации и при этом позволяют существенно снизить финансовые и временные затраты на строительство дорог. Рассмотрим более подробно, какими бывают эти системы и каковы принципы их работы.

### Обзор существующих технологий

Основная идея автоматизированных систем управления строительной техникой заключается в том, что они позволяют контролировать положение рабочего органа строительной машины и управлять им при минимальном участии оператора. По принципу работы все современные системы автоматизированного управления строительной техникой можно разделить на два типа: двумерные и трёхмерные.

**2D-системы** требуют закрепления на местности проектных направлений и плоскостей. При этом управление положением рабочего органа

машины выполняется автоматически по заданным значениям высоты и поперечного уклона. Для привязки системы на местности используется копирная струна, лазерная или ультразвуковая «лыжа». После установки машины на участке работ в её бортовой компьютер вводятся необходимые параметры (значения выемки/насыпи и уклона), а затем в автоматическом режиме система устанавливает рабочий орган в нужную отметку. После начала движения машины рабочий орган автоматически удерживается согласно заданным параметрам, копируя заданную поверхность с определённым постоянным смещением по высоте относительно струны, плоскости лазерного луча и т.д. При этом контроль правильности проведения работ осуществляется самим машинистом непосредственно из кабины с помощью графического дисплея (рис. 1).

**3D-системы** обеспечивают более высокий уровень автоматизации процесса строительства. В основе работы таких систем лежит использование цифровой трёхмерной модели запроектированной дороги. 3D-модель, как правило, представляет собой совокупность файлов поверхностей в DXF-формате. Файл поверхности загружается в бортовой компьютер, установленный в кабине машины, а затем инженер при помощи вспомогательных приборов осуществляет привязку фактического положения машины к цифровой модели по координатам X, Y и Z (рис. 2). В ходе работы система позиционирования (роботизированный тахеометр или GPS-приёмник) отслеживает положение рабочего ор-

гана машины, бортовой компьютер анализирует эти данные и автоматически устанавливает рабочий орган в проектное положение, после чего машинисту достаточно просто двигаться вперёд — система сама знает, в какой момент поднять, опустить или повернуть рабочий орган, чтобы сформировать необходимую поверхность.

Точность воссоздания проекта на местности зависит от технологии позиционирования, которая применяется для отслеживания положения рабочего органа. По принципу позиционирования современные трёхмерные системы управления строительной техникой можно разделить на две группы:

■ **LPS (локальные системы позиционирования)** — определение местоположения производится с помощью роботизированного тахеометра, который устанавливается в удобном месте и привязывается по двум-трём опорным точкам к местной строительной системе координат (рис. 3). После включения системы тахеометр автоматически находит активный отражатель, установленный на рабочем органе машины, и постоянно отслеживает его перемещение, передавая информацию на контроллер, который сравнивает информацию с проектной и при необходимости корректирует работу машины. Как правило, точность формирования полотна у таких систем составляет около 1 см.

■ **ГНСС (глобальные системы позиционирования)** — системы отслеживания спутниковыми приёмниками GPS/ГЛОНАСС (рис. 4). В основном они используются при выполнении работ,

требующих меньшей точности (около 2–3 см). Определение положения рабочего органа машины в таких системах выполняется с использованием технологии RTK (Real Time Kinematic, т.е. «кинематика в реальном времени»), которая позволяет получать точные результаты прямо в движении. Для работы требуются минимум два GPS/ГЛОНАСС-приёмника: один из них называется базовой станцией и устанавливается на точке с известными координатами, а второй устанавливается на машине и одновременно с базовой станцией принимает сигналы с GPS/ГЛОНАСС-спутников. Базовая станция передаёт по радиомодему свои координаты и другую информацию со спутников на приёмник, установленный на машине, а приёмник объединяет данные базовой GPS/ГЛОНАСС-станции с собственными данными и вычисляет свои точные координаты. Одна базовая станция при этом может обслуживать несколько машин.

Выбор способа позиционирования 3D-системы всегда индивидуален и зависит от условий на конкретном строительном объекте, вида работ и прочих факторов. К примеру, роботизированные тахеометры обеспечивают более высокую точность, однако имеют при этом ряд ограничений: необходимо обеспечить непрерывную прямую видимость с машиной, для работы каждой машины требуется отдельный тахеометр, в тёмное время суток возможны сбои в работе тахеометра из-за яркого света фар движущихся навстречу машин и т.п. ГНСС-системы имеют меньше ограничений, но, в свою очередь, неэффективны



Рис. 1. Экран бортового компьютера 2D-системы управления экскаватором Торсон



Рис. 2. Экран бортового компьютера трёхмерной системы управления грейдером Leica PowerGrade 3D





Рис. 3. Бульдозер с 3D-системой Trimble GCS900 на базе роботизированного тахеометра



Рис. 4 Грейдер с 3D-системой Topcon на базе ГНСС-систем

Выбор способа позиционирования 3D-системы всегда индивидуален и зависит от условий на конкретном строительном объекте, вида работ и прочих факторов.

в местах, где спутниковый сигнал отсутствует или является слишком слабым: в тоннелях, вблизи высоких зданий или леса и т.д.

### Получение трёхмерной модели дороги

Рассмотрим более подробно, какие данные необходимы для работы трёхмерных систем управления строительной техникой. Исходными данными служат 3D-модели поверхностей, как правило, в DXF-формате. При этом каждый слой дорожной одежды должен быть представлен отдельной поверхностью.

Очевидно, что от качества моделей напрямую зависит эффективность применения 3D-систем, поэтому их подготовка становится одной из первоочередных задач. Однако при традиционном подходе строители получают исходные данные в виде чертежей плана, продольного и поперечных профилей, ведомостей, спецификаций и пр. Восстановление трёхмерных моделей поверхности по этим данным представляется весьма сложным и требует много времени и сил, особенно если учесть, что сформировать модель нужно по каждому слою дорожной одежды. Кроме того, полученная в итоге модель поверхности может содержать ошибки, так как при ручном формировании модели неизбежен «человеческий фактор» и связанные с ним ошибки. В такой ситуации применение современных технологий становится нецелесообразным: ни экономии времени на подготовительных работах, ни желаемой точности выноса проекта на местность добиться уже не удастся.

С другой стороны, если проект изначально создаётся в современной САПР автомобильных дорог, необходимая трёхмерная модель уже имеется у проектировщика — ведь современный подход к проектированию подразумевает работу

именно с моделью дороги. А уже на основании этой модели формируется различная проектная документация: чертежи, ведомости и спецификации, которые затем передаются заказчику [2]. Таким образом, вовсе не требуется выполнять двойную работу, воссоздавая модель заново, если её — без искажений и потери времени — можно получить непосредственно от проектировщиков.

Для создания трёхмерных моделей может быть использована практически любая современная САПР, предназначенная для проектирования автомобильных дорог: IndorCAD [3] («ИндорСофт», г. Томск), программный комплекс Credo («Кредо-Диалог», Беларусь), Топоматик Robur («Топоматик», г. Санкт-Петербург), AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США) и пр. В этих системах инженер в привычных ему проекциях (план, профили) (рис. 5) формирует модель автомобильной дороги (рис. 6), которая затем легко может быть экспортирована в DXF-файл и без какой-либо доработки загружена в бортовой компьютер 3D-системы.

### Готовые решения для строительной техники

Выбор предлагаемых на отечественном рынке решений для автоматизированного управления дорожно-строительной техникой весьма широк — практически каждая крупная компания, производящая геодезическое оборудование, имеет собственные разработки в этой области. Наибольшее распространение сейчас, как в России, так и за рубежом, получают 3D-системы от таких мировых лидеров, как Leica Geosystems, Швейцария [4] (например, линейка оборудования Leica iCON, 3D-системы для управления грейдерами PowerGrade 3D и пр.), Topcon, Япония [5] (системы 3D LPS и 3D ГНСС, высокоточная технология mmGPS 3D), Trimble Navigation, США [6]



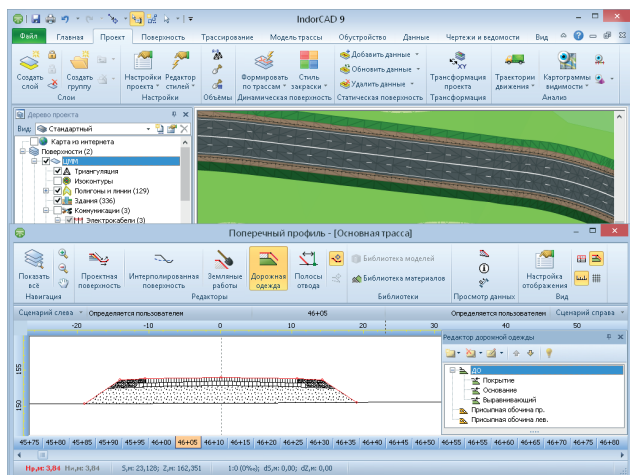


Рис. 5. Проектирование автомобильной дороги в САПР IndorCAD 9

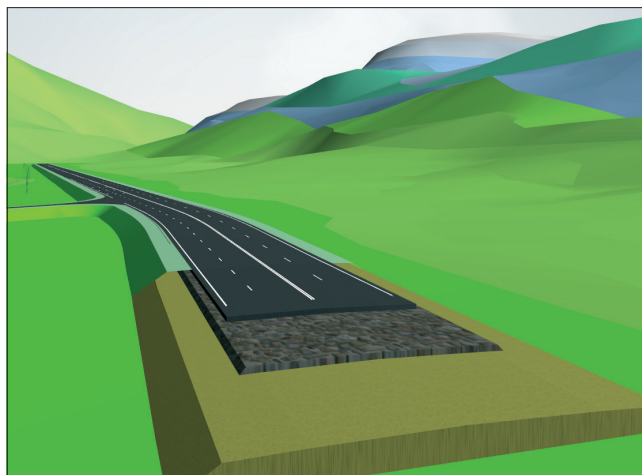


Рис. 6. Трёхмерная модель дороги в САПР IndorCAD 9

(универсальная система управления GCS900 для грейдеров, бульдозеров, экскаваторов и асфальтоукладчиков). По характеристикам все эти системы схожи, причём почти все они универсальны и могут быть расширены от простых 2D- до более совершенных 3D-систем путём установки дополнительного оборудования. Кроме того, большинство производителей предлагает также собственное программное обеспечение, позволяющее при необходимости вносить изменения в модель поверхности уже после начала строительства.

По заявлениям производителей, использование трёхмерных систем управления строительной техникой обеспечивает следующие преимущества и дополнительные возможности:

- Уменьшается объём геодезических разбивочных работ. Это не означает, что работы по выносу проекта в натуру можно исключить совсем, однако их продолжительность может быть существенно сокращена.

- Пропадает необходимость проведения контроля полученных высотных отметок после каждого прохода строительной техники. Исполнительная съёмка выполняется самой системой параллельно с проведением работ и не требует участия геодезиста. Однако контроль геодезистами высотных отметок, уклонов и толщины дорожной одежды всё равно необходим для подписания актов при приёмке всех видов геодезических, земляных и прочих работ.

- Благодаря уменьшению объёма разбивочных работ и мероприятий

по контролю качества сокращаются простои строительной техники.

- Высокая точность выполнения работ обеспечивает ровное покрытие с заданными параметрами.

- Благодаря обеспечению постоянной ровности слоёв дорожной одежды исключается перерасход материала на выравнивание слоёв.

- Машинист ориентируется на строительной площадке «по приборам», поэтому проведение работ возможно не только днём, но и ночью.

- Обеспечивается комплексное выполнение проекта, включая переходные кривые, вертикальные кривые, виражи и пр.

### Сложности при внедрении и эксплуатации 3D-систем

Освоение трёхмерных систем автоматизированного управления строительной техникой в нашей стране ещё только начинается, поэтому инженеры довольно часто сталкиваются с различными сложностями.

Например, общей проблемой при внедрении 3D-систем является необходимость предварительного обучения специалистов работе с новыми технологиями. Хотя такие системы являются достаточно простыми в эксплуатации и имеют интуитивно понятный интерфейс, от пользователя всё же потребуется желание и время для их изучения: необходимо понять, как работают и взаимодействуют между собой все компоненты системы в комплексе. В помощь инженерам, осваивающим работу с 3D-системами, производители и дистрибьюторы обо-

рудования, как правило, предлагают различные обучающие курсы.

Ещё одной проблемой может стать подготовка входных данных — 3D-моделей поверхностей в DXF-формате. Справиться с этой проблемой позволяют современные САПР автомобильных дорог, в которых проектировщики в процессе работы формируют трёхмерную модель дороги и могут затем легко передать её заказчику в необходимом формате, а не только в виде «бумажных» чертежей, ведомостей и пр.

Сложность использования систем на базе ГНСС-технологий состоит в том, что для непрерывной работы техники с требуемой точностью нужно обеспечить хорошее качество и непрерывность спутникового сигнала. При этом использование приёмников, работающих только со спутниками GPS или только ГЛОНАСС, зачастую не может этого гарантировать. Однако сейчас многие производители (например, Leica, Trimble и пр.) предлагают системы на базе GPS/ГЛОНАСС, которые могут осуществлять высокоточное позиционирование в любом регионе страны.

В свою очередь, локальные системы позиционирования на базе тахеометра тоже имеют свои слабые стороны. Основным требованием к работе этих систем является обеспечение постоянной прямой видимости от машины до тахеометра, а также снижение точности позиционирования рабочего органа машины по мере её удаления от тахеометра. При работе на участке только одной машины сложностей



Рис. 7. Реконструкция автомобильной дороги федерального значения М7 «Волга»

с обеспечением видимости, как правило, возникает гораздо меньше — нужно только периодически перемещать тахеометр, чтобы расстояние от него до контролируемой машины не превышало допустимое. Однако, если строительство ведётся с использованием нескольких машин, следующих друг за другом по разным полосам, их тахеометры приходится переносить и привязывать к местной строительной системе координат намного чаще, чтобы постоянно обеспечивать необходимую видимость и расстояние до машин. Естественно, на это тоже тратится достаточное количество времени (в течение которого техника простаивает), поэтому иногда получается, что работы в целом проходят медленнее, чем при традиционном подходе с использованием струны. В таких случаях, чтобы уложиться в поставленные сроки, строителям иногда бывает проще сделать всё «по старинке», по отлаженным и хорошо знакомым технологиям.

### Опыт внедрения

Опыт показывает, что несмотря на некоторые сложности, связанные с внедрением и эксплуатацией трёхмерных систем управления строительной техникой, их использование в большинстве случаев несёт значительную выгоду. Инженеры-дорожники, уже попробовавшие такие системы на практике, в целом дают им положительную оценку, отмечая повышение точности строительства и заметное ускорение работ. Особенно эффективность этих систем видна при

использовании их на автогрейдерах. Преимущества заметны не только строителям — заказчики зачастую также сами настаивают на максимальном использовании новых технологий.

На сегодняшний день с применением 3D-систем было построено и реконструировано немалое количество дорог. Такие системы уже несколько лет широко применяются при строительстве, ремонте и реконструкции автомобильных дорог федерального значения: М4 «Дон» [7], М7 «Волга» [8] (рис. 7), М60 «Уссури» [9] и пр. Технология охватывает все виды строительной техники: грейдеры, бульдозеры, дорожные фрезы, асфальто- и бетоноукладчики. По оценкам строителей, использование 3D-систем в сочетании с другими новейшими разработками в области дорожного строительства позволило значительно ускорить темпы работ, зачастую даже сделав возможной сдачу объекта в эксплуатацию раньше назначенного срока [10], а также добиться высокой ровности дорожного покрытия.

### Заключение

Несмотря на то что использование трёхмерных систем управления строительной техникой обещает заметную выгоду, следует помнить, что для эффективного использования новых технологий недостаточно просто купить дорогостоящее оборудование. Необходимо обучение сотрудников и индивидуальный подход к выбору системы в каждом конкретном случае. А кроме того, со стороны заказчика требуется понимание необходимости

предоставления строителям не только чертежей, ведомостей и прочей «бумажной» документации, но и непосредственно 3D-модели проектируемой дороги. А для этого, в свою очередь, нужно, чтобы проектирование изначально велось в «правильной» САПР автомобильных дорог. ■

#### Литература:

1. СНиП 3.06.03–85 Автомобильные дороги. М.: Госстрой СССР, 1989.
2. СНиП 3.01.03–84 Геодезические работы в строительстве. М.: Государственный комитет СССР по делам строительства, 1985.
3. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.
4. Machine Control. Application Overview // Leica geosystems official website. URL: [http://www.leica-geosystems.com/en/Machine-Control\\_4677.htm](http://www.leica-geosystems.com/en/Machine-Control_4677.htm) (дата обращения 28.08.2014).
5. Topcon Machine Control. 3D systems // Topcon official website. URL: <http://www.topconpositioning.com/products/machine-control/3d> (дата обращения 28.08.2014).
6. Trimble Heavy Civil Construction. Machine Control // Trimble official website. URL: <http://construction.trimble.com/products/machine-control> (дата обращения 28.08.2014).
7. Два участка автомобильной дороги М-4 «Дон» в Краснодарском крае открыты после реконструкции // Государственная компания «Росавтодор». Пресс-центр. URL: <http://www.russianhighways.ru/press/news/8893> (дата обращения 28.08.2014).
8. В ходе реконструкции и ремонта автодороги М-7 «Волга» активно применяется автоматическая система нивелирования формата 3D // Федеральное дорожное агентство Министерства транспорта Российской Федерации. URL: <http://rosavtdor.ru/activity/157/165/13519.html> (дата обращения 28.08.2014).
9. Гучков А. Дальневосточные магистрали в 3D-проекции // Направление — Дальний Восток. 2011. №9(27).
10. Дороги России: федеральная трасса Уссури // Вести.Ru. URL: <http://www.vesti.ru/videos?vid=612667> (дата обращения 28.08.2014).

# Разработка проектов организации дорожного движения: настоящее и будущее

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

*Рассматривается традиционный подход к разработке проектов организации дорожного движения и подход в рамках программных комплексов информационной модели дороги. Приводится обзор программного обеспечения, используемого для решения этой задачи, описываются недостатки существующих систем и предлагаются способы их устранения.*

Использование автомобильной дороги невозможно без наличия на ней элементов инженерного обустройства: дорожных знаков, разметки, светофоров, различных направляющих устройств и т.д. Все технические средства организации дорожного движения служат целому ряду целей: они контролируют движение пешеходов, автомобилей и иных транспортных средств, обеспечивают их безопасность и позволяют повысить пропускную способность участков дороги, оптимально управляя транспортными потоками. Размещение элементов дорожного обустройства на каждой конкретной дороге или даже отдельно взятом участке дороги определяется проектом организации дорожного движения (ПОДД), иногда также называемом проектом дислокации (рис. 1). Разумеется, планирование организации дорожного движения является непростой и трудоёмкой задачей, которая актуальна не только при разработке проекта строительства дороги, но и на этапе её эксплуатации. В России применение технических средств организации дорожного движения регламентируется рядом нормативных документов, основным из которых является ГОСТ Р 52289–2004 [1], а процесс разработки ПОДД, его содержание и формат — «Порядком разработки и утверждения проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах» [2], утверждённым в 2006 году.

Изначально разработка проектов организации дорожного движения, как и разработка любых других дорожных проектов, проводилась в два этапа: сначала проводились полевые измерения, а затем инженерами создавались «бумажные» схемы и ведомости. Набор отчётных документов по сути и являлся проектом, который согласовывался с государственными организациями,

отвечающими за безопасность дорожного движения, и после утверждения сдавался заказчику. Первым шагом к автоматизации этого процесса стало использование векторных графических редакторов и универсальных программ для создания чертежей. Некоторые проектные организации пользовались и пользуются до сих пор различными САПР и реге ГИС, позволяющими получать в том или ином виде чертёж дороги, который затем доводится до требуемой формы вручную. Хотя такой подход и облегчил работу специалистов, заметно сократив количество рутинных действий, связанных с созданием и редактированием схемы дороги, стала очевидной необходимость создания специализированного программного обеспечения, направленного на комплексную разработку ПОДД, оперирующего цифровой моделью дороги и способного автоматизировать решение специфических задач, таких как проектирование размещения технических средств организации дорожного движения, генерация ведомостей, подсчёт объёмов работ и т.д.

Индустрия программного обеспечения ответила на требования рынка, создав ряд коммерческих систем, предназначенных для разработки ПОДД: CREDO Дислокация («Кредо-Диалог», Беларусь) (рис. 2а), модуль «Проектирование схем дислокации ТС ОДД», входящий в состав комплекса Титул-2005 («Титул-2005», г. Саратов) (рис. 2б), RapidPlan (Invarion, Австралия) (рис. 2в), CONE (CONE Software, Великобритания) (рис. 2г), ConeZone (SignCAD Systems, США). Однако иностранные программы зачастую не содержат инструментов, необходимых отечественному специалисту, и проект в них выполняется в произвольном формате. Так, RapidPlan, несмотря на наличие удобных инструментов для рисования





Рис. 1. Титульный лист (а) и пример схемы (б) проекта организации дорожного движения

дорог в плане, не позволяет создавать такие необходимые элементы дороги, как полосы уширения. Отсутствуют в нём и другие важные возможности: создание площадной разметки, светофоров и ограждений, поддержка таблиц линейного графика и информации о продольном профиле доро-

ги, возможность указывать состояние объекта (является ли он фактически размещённым или проектируемым). К тому же в RapidPlan невозможны привязка к географическим координатам и обеспечение точности, необходимой для разработки ПОДД в рамках проекта строительства. CONE, помимо

обладания некоторыми из недостатков RapidPlan, неудобен, например, тем, что выполнен в виде модуля для AutoCAD/BricsCAD и автономно работать не может.

Впрочем, самым важным ограничением при использовании перечисленных программ является отсутствие

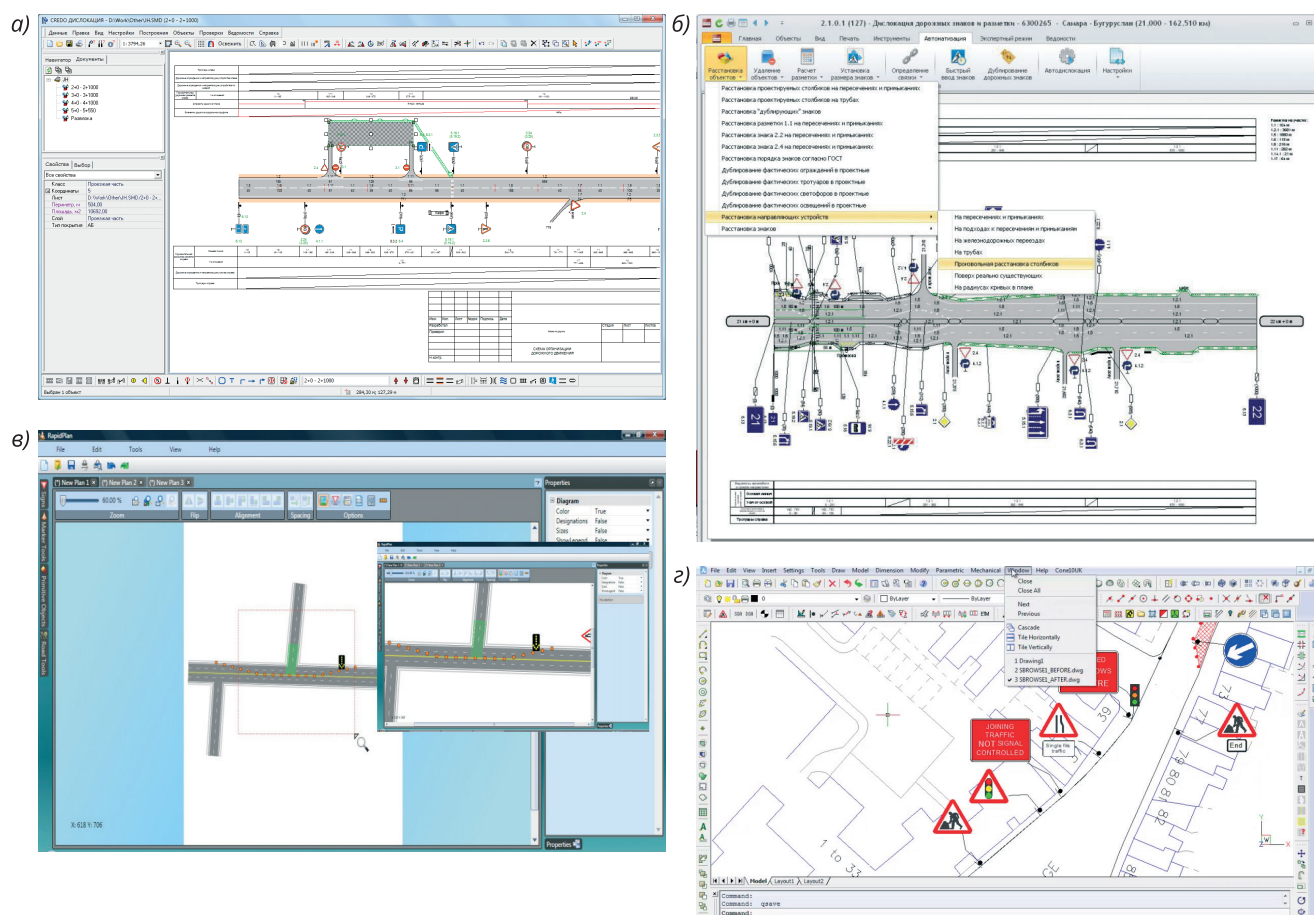


Рис. 2. Рабочие окна программ: а) CREDO Дислокация, б) Tutul-2005 «Дислокация ТС ОДД», в) Invarion RapidPlan, г) ConeSoftware CONE



Рис. 3. Традиционный процесс разработки ПОДД

международных стандартов на документацию по организации дорожного движения, равно как и существенные различия в правилах и требованиях разных государств к обеспечению безопасности на дорогах. Это приводит к тому, что программные продукты, разрабатываемые на Западе, либо не подходят российскому проектировщику, либо могут использоваться только для решения ограниченного круга задач.

С другой стороны, программы, разрабатываемые в нашей стране, учитывают актуальные для России стандарты и нормативные документы, и при их использовании подобных проблем не возникает. Но и отечественным системам есть куда стремиться. В свете тенденций, наметившихся в дорожном хозяйстве в последние годы, существующие методики разработки ПОДД быстро теряют актуальность. В частности, проект транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [3] предусматривает внедрение инновационных технологий строительства, реконструкции и содержания транспортной инфраструктуры, и, как следствие, переход на контракты жизненного

цикла в отношении автомобильных дорог. Вследствие этого устаревшим оказывается сам подход к созданию проектов ОДД, состоящий из следующих этапов (рис. 3):

1. Проведение полевых изысканий на проектируемом участке дороги и фиксация существующих технических средств ТС ОДД.
2. Сбор информации по интенсивности движения и аварийности на проектируемом участке.
3. Ввод исходных данных в программный продукт.
4. Разработка схемы ОДД средствами программного продукта.
5. Согласование проекта с заказчиком и органами ГИБДД.
6. Формирование отчётной документации, которая сдаётся заказчику, и является в его глазах проектом.

При этом протяжённые участки дороги выпрямляют и масштабируют, сжимая в продольной оси (рис. 4). Также такие участки снабжаются таблицами линейного графика, содержащими информацию о продольных уклонах, радиусах кривых в плане и прочих характеристиках дороги. Для развязок и дорожных узлов, имеющих сложную конфигурацию, схемы

оформляются на отдельных листах без искажений.

Недостатки такого подхода очевидны: полевые изыскания и сбор данных, равно как и последующий ввод полученной информации в программу, являются трудоёмким процессом, занимающим львиную долю времени работы над проектом. При создании схемы дороги к ней применяется большое число различных искажений: спрямление изогнутых участков дороги, сжатие в продольном масштабе (согласно «Рекомендациям» проекты должны выполняться в продольном масштабе 1:3000 и произвольном поперечном масштабе), упрощение геометрии как самой дороги, так и объектов обустройства. Полученная схема, хоть и более удобна для печати отчёта по плану ОДД, лишена точности, необходимой для использования полученного проекта ОДД совместно с проектом строительства или для выгрузки запроектированных элементов обустройства в ГИС, являющейся основой системы управления жизненным циклом автомобильной дороги. Очевидно, что при разработке ПОДД в рамках такой системы спрямлённая схема дороги должна использоваться только как вспомогательный инструмент при проектировании, а также в качестве выходного формата отчёта, но ни в коем случае не может являться исходной моделью дороги.

Применение технологии информационного моделирования при эксплуатации автомобильной дороги [4–7] позволяет отбросить или значительно упростить шаги, связанные со сбором и вводом данных. Программный комплекс, оперирующий такой моделью дороги, уже должен содержать всю информацию, необходимую для начала работы над проектом организации дорожного движения. Таким образом, отпадает надобность в полевых изысканиях, равно как и во вводе исходных данных, поскольку для построения проекта используется информация, полученная на основании выполненной ранее исполнительной съёмки и

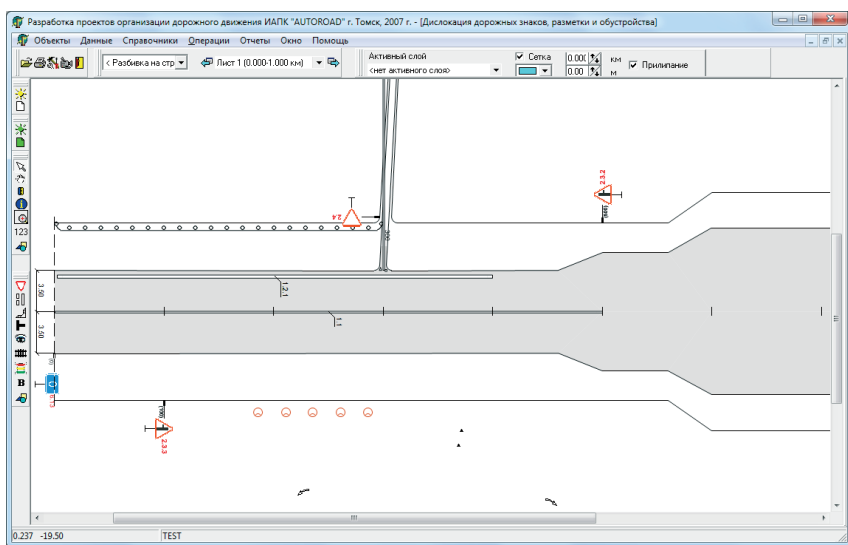


Рис. 4. Схема проекта ОДД для протяжённого участка дороги в программе разработки проекта дислокации ООО «СибДор» (г. Томск)

хранящаяся в системе. Кроме того, информационная модель дороги должна содержать в себе накопленные сведения по интенсивности движения и аварийности, а программный комплекс, использующий эту модель, — инструменты обработки и анализа такой информации, например расчёт участков концентрации ДТП. К помощи подобных средств информационной системы и может прибегнуть инженер-дорожник, вместо того чтобы вручную обобщать и анализировать огромное количество отчётов о ДТП, пытаясь выявить аварийно-опасные участки. Конечно, первые два этапа актуальны только для дороги, уже находящейся на стадии эксплуатации, а проекты ОДД не менее часто выполняются бок о бок с проектами строительства новых дорог или участков реконструкции существующих. Впрочем, ситуацию это кардинально не меняет, поскольку данный этап также должен охватываться информационной моделью дороги. Разница заключается лишь в том, что создаваемая схема ОДД опирается на проект дороги, а не на суще-

ствующее положение дел, в системе отсутствуют данные об аварийности, а размещение ТС ОДД осуществляется «с нуля», без учёта уже размещённых элементов обустройства.

За подготовительными шагами следует этап непосредственной расстановки средств ОДД на схеме, на которую приходится основной объём интеллектуальной работы над проектом. Несмотря на то, что существующие программы предлагают некоторые базовые средства автоматической расстановки элементов инженерного обустройства, решать эту задачу без вовлечения специалиста они могут только в самых тривиальных случаях, как правило, только для двухполосных дорог без разделительной полосы. Понятно, что такая сложная задача требует наличия адекватной детализированной модели дороги. К сожалению, простые продукты, не входящие в соответствующий программный комплекс, ориентированы только на получение проектной документации и используют упрощённые модели данных.

Отдельным пунктом при проектировании плана организации дорожного движения являются развязки и иные узлы дорожной сети, имеющие сложную конфигурацию. Эти узлы, в отличие от протяжённых участков дороги, не искажаются, а просто изображаются на отдельных листах в подходящем масштабе, индивидуальном для каждого узла (рис. 5).

На данный момент многие программы для создания ПОДД либо вообще не поддерживают создание и редактирование узлов, либо делают это чисто формально, по сути предлагая инженеру вручную создавать чертёж интересующей его развязки или участка. Очевидно, что интеграция модуля ПОДД с системой, уже содержащей в себе модель дороги на плане (ГИС, САПР), существенно упростила бы проектирование, сразу предоставляя специалисту не только изображение узла на плане местности, картографические и любые иные подложки, но и цифровую модель дороги с отдельными элементами развязок, линиями осей, кромок, бровок и т.д. Все эти дан-

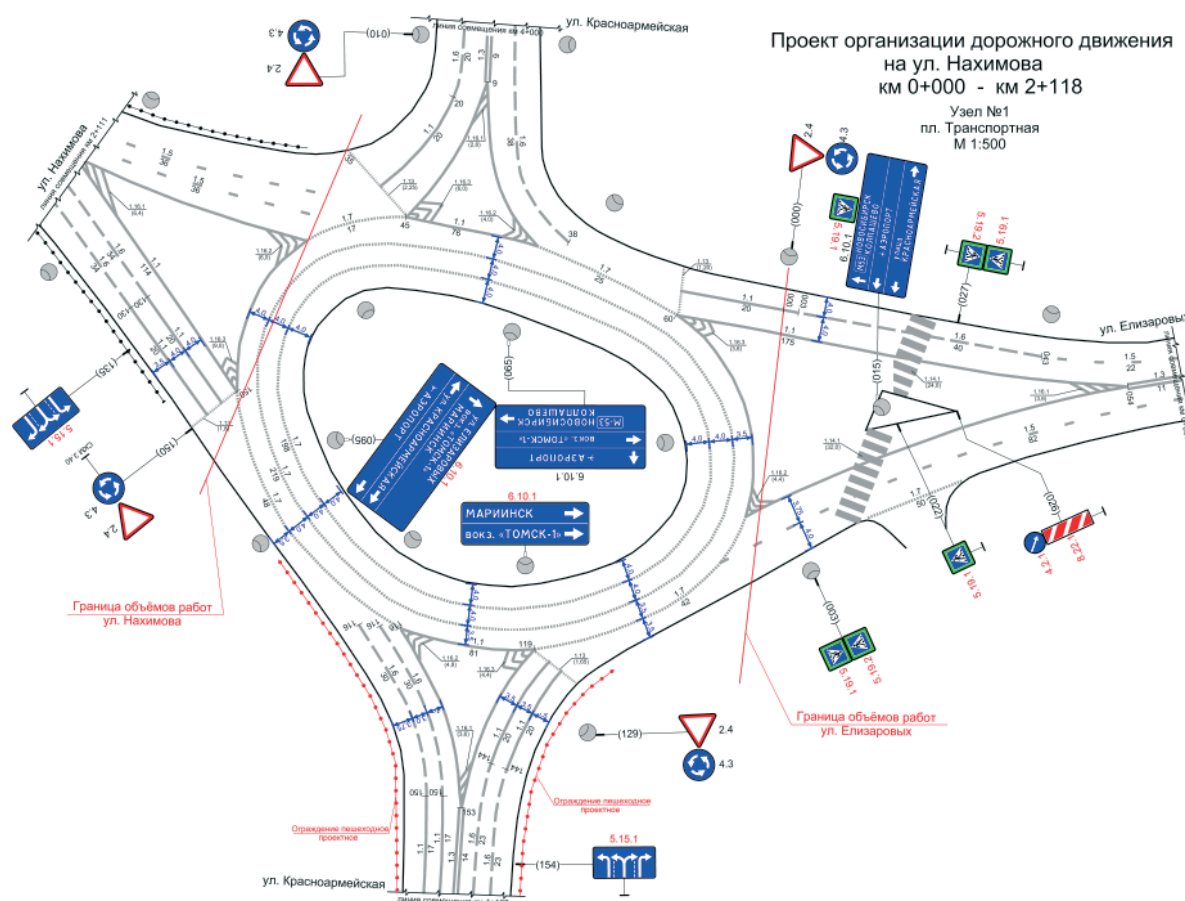
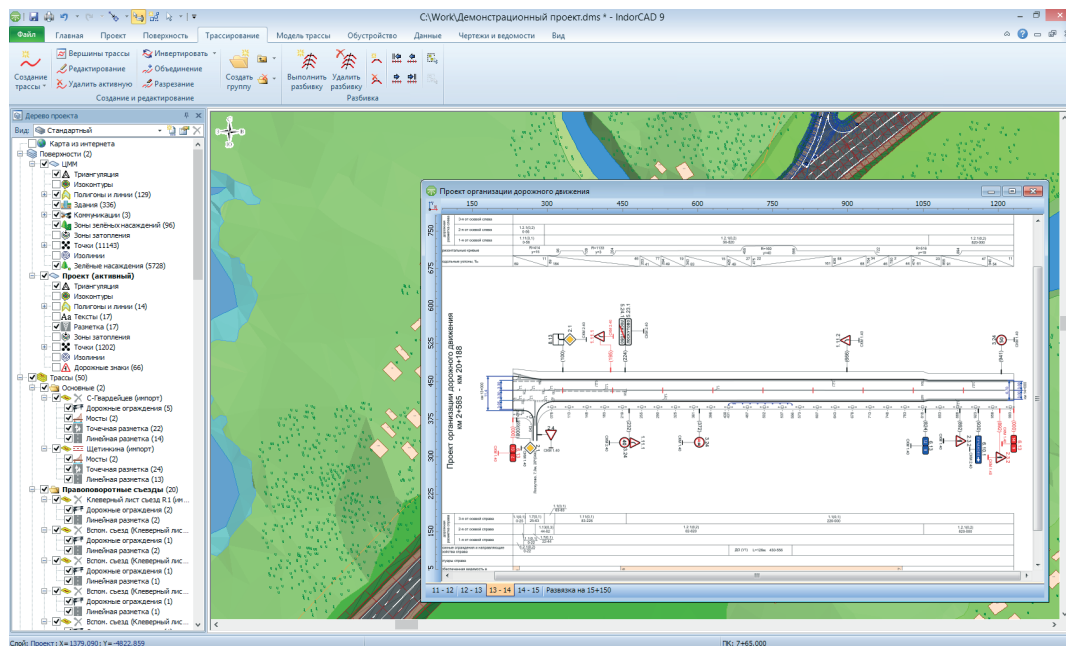


Рис. 5. Схема проекта ОДД для развязки типа «кольцо»



Рис. 6. Модуль разработки проектов ОДД в составе IndorCAD/Road



ные могут быть использованы как для упрощения процесса ручного проектирования, так и для автоматического проектирования технических средств ОДД на развязках и узлах. Кроме того, возможность видеть проектируемую дорогу на плане была бы весьма удобна и полезна даже при работе с линейно-протяжёнными участками, поскольку человеку иногда может быть сложно оценить параметры дороги, ориентируясь только на спрямлённую схему и табличные сведения.

Такую возможность проектировщику предоставит система проектирования автомобильных дорог IndorCAD/Road следующего поколения, объединяющая в себе возможности разработки не только проектов строительства, реконструкции или ремонтов автомобильных дорог и городских улиц, но и проектов организации дорожного движения (рис. 6). Высокая точность модели, используемой в IndorCAD, переносится и на проект дислокации, выполняемый на той же дороге, что позволяет в итоге получить схему расстановки технических средств ОДД, не содержащую искажений, в отличие от аналогичных схем, создаваемых традиционными инструментами разработки ПОДД.

Точность особенно важна для проектов организации дорожного движения в местах проведения дорожных работ. Согласно ВСН 37–84 [8] любой проект ремонта, строительства или реконструкции должен сопровождаться схемой организации движения на время проведения работ. Учитывая, что зачастую в рамках таких проектов на ремонтируемом или реконструируемом участке не только устанавливаются временные ТС ОДД, но и изменяются геометрические параметры дороги (например, когда на время работ создаются новые элементы, такие как объезды или площадки), документация, необходимая для согласования работ, сама превращается в миниатюрный

проект строительства, предъявляющий в соответствии с нормативной базой жёсткие требования к точности проектируемых элементов, и, как следствие, чертежей.

IndorCAD в рамках одного проекта позволяет создавать не только основные проектируемые трассы, но и вспомогательные, используемые, например, для объезда участка проведения работ. На время проведения работ можно также создавать проект временной ОДД, который удобно выполнять непосредственно в системе проектирования IndorCAD.

Помимо этого, инструменты, встроенные в IndorCAD, значительно упростят процесс расстановки элементов инженерного обустройства, автоматически размещая знаки, разметку и ограждения в соответствии со множеством правил, встроенных в систему.

Возвращаясь к вопросу несовершенства специализированных систем для разработки ПОДД, стоит заметить, что иным распространённым недостатком является отсутствие модели обустройства, и, как следствие, отсутствие контроля целостности проекта. Выражается это в том, что после расстановки на участке дороги элементов инженерного обустройства эти элементы не поддерживают связи между собой, равно как и с дорогой. Например, если проектировщик передвинет пешеходный переход, то соответствующие знаки 5.19 останутся стоять на прежнем месте, и их придётся или переносить отдельно, или удалять старые и создавать другие. Порой возникают проблемы и с линейно-протяжёнными объектами, такими как ограждения. Элемент обустройства, который имеет большую протяжённость и проходит через несколько листов проекта или даже по узлам дороги, в большинстве программ разбивается на несколько отдельных объектов по границам этих листов или узлов. При этом каж-



Рис. 7. Процесс разработки ПОДД в концепции информационной модели ЖЦ дороги

дый из получившихся объектов пользователю придётся редактировать и удалять индивидуально либо использовать вспомогательные средства, чтобы объединить объекты в группу или участок. Если этого не делать, то в ведомости и отчёты эти объекты тоже попадут как отдельные записи, что, конечно же, неверно. Также в большинстве случаев модули ПОДД не проверяют всевозможные ограничения, налагаемые на средства технического обустройства государственными стандартами. Например, они могут игнорировать то, что пользователь разместил более четырёх знаков на одной стойке или не соблюдает дистанцию между стойками знаков. Зачастую не проверяются даже элементарные ограничения, и пользователь может, например, по ошибке разместить стойку знака прямо на проезжей части, а затем, не заметив или забыв про это, сохранить изменения, которые впоследствии попадут в отчёт.

Как было замечено выше, при разработке ПОДД на существующей дороге нужно учитывать имеющиеся средства организации движения, и в таком случае проект должен показывать, какие изменения следует внести, чтобы привести инженерное обустройство дороги из текущего состояния в желаемое. Иными словами, нет смысла выполнять лишнюю работу и разрабатывать весь проект с чистого листа, если требуется только добавить пару знаков и перенести пешеходный переход. Эти изменения выделяются цветом или условными символами на схеме дороги и попадают в ведомости, позволяя сократить объём полевых работ по размещению запроектированных технических средств ОДД. Для этого в системах проектирования ОДД предусмотрена возможность указывать состояние элементов обустройства — являются ли они существующими или проектируемыми. Однако такой подход приводит к тому, что при необходимости показать, например, перенос дорожного знака, пользователь должен создать два дорожных знака, а затем указать, что один из них является проектируемым. Из-за

этого может возникнуть путаница, когда имеется множество объектов, не связанных между собой. Впрочем, даже при наличии возможности связать два элемента (существующий и проектируемый) не исключается вероятность человеческой ошибки. Этих проблем можно избежать, если использовать модель данных, в которой каждый элемент обустройства просто имеет разные состояния — фактическое и проектное. Такая модель позволяет вести контроль целостности для объектов обустройства и даже прибегать к вариантному проектированию, когда каждый объект может иметь более одного проектного состояния. Вариантное проектирование, в частности, позволило бы ощутимо облегчить предпоследний этап, на котором происходит согласование проекта с заказчиком и государственными органами безопасности дорожного движения.

Наконец, на заключительном этапе исполнитель проекта должен сдать заказчику результаты разработки. Традиционно ими является просто набор бумажной документации: схемы участков дороги и ведомости обустройства. Однако при переходе на программные комплексы, работающие с дорогой в течение всего её жизненного цикла, этот формат отчётности стремительно уходит в прошлое. Проект организации дорожного движения должен являться частью информационной модели дороги и храниться в её составе (рис. 7).

При этом сам проект должен быть привязан к той точке во времени, когда он разрабатывался. Если впоследствии, через 5 или 10 лет, дорога была реконструирована, то старый проект не должен измениться, и пользователь, желающий изучить его, должен увидеть дорогу и этот проект так, как он выглядел на момент создания. В то же время, если речь идёт о разработке ПОДД для проектируемой дороги, изменения в проекте строительства должны приводить к изменениям в проекте ОДД (рис. 8). Например, если дорога была расширена, а кромка сдвинута за счёт до-

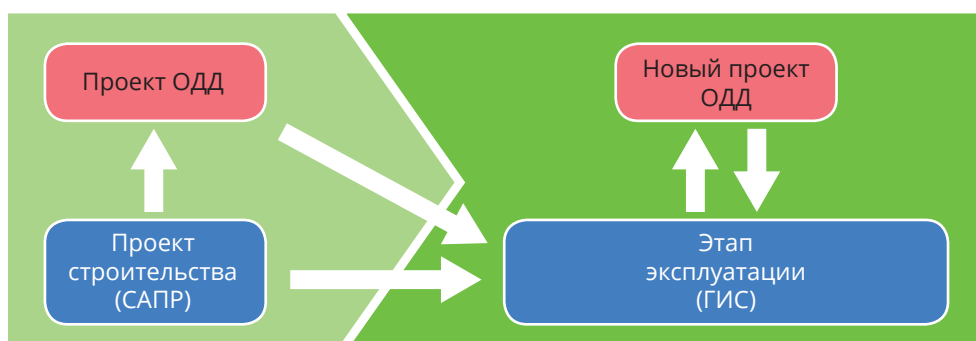


Рис. 8. Модуль ПОДД в контексте программного комплекса жизненного цикла дороги

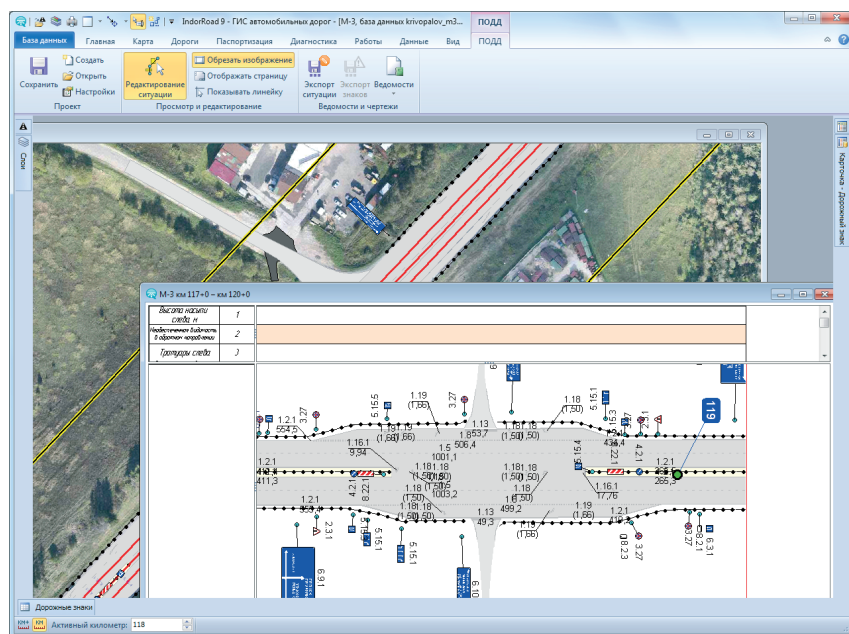


Рис. 9. Модуль ПОДД в ГИС автомобильных дорог IndorRoad


бавления укрепленной обочины, то соответствующим образом должны сдвинуться знаки, ограждения и иные элементы дорожного обустройства, размещенные на этом участке дороги. Достигнуть этого невозможно без глубокой интеграции модуля разработки проектов организации дорожного движения с программным комплексом, включающим в себя ГИС и САПР автомобильных дорог, так, как это делается в грядущих версиях систем IndorRoad и IndorCAD.

В частности, в состав следующей версии геоинформационной системы IndorRoad, предназначенной для содержания и эксплуатации автомобильных дорог и успешно используемой в Росавтодоре и ГК «Автодор», войдет модуль разработки проектов организации дорожного движения (рис. 9). Данный модуль, в отличие от своего собрата в IndorCAD, предназначен для создания ПОДД на уже существующей дороге и опирается на имеющиеся в системе данные и измерения, что позволяет организациям, содержащим дорогу, экономить время и средства на повторном сборе данных. Создание и разбивка проекта максимально упрощена: все развязки автоматически выделяются в узлы и размещаются на отдельных листах, а гибкая настройка обеспечивает возможность задавать индивидуальные масштабы для различных участков проекта. Таким образом, на пригородном участке,

где элементы обустройства и съезды расположены часто, проектировщик может выбрать крупный масштаб, чтобы получить более наглядную схему. Кроме того, будучи геоинформационной системой, IndorRoad даёт возможность управлять самими проектами ОДД и работами по их реализации. Пользователь может находить на карте проектируемые участки, изучать их в совокупности с различными картографическими подложками, просматривать информацию по исполнителям проекта и работ. Обладая набором рассмотренных в статье инструментов, нужным для разработки проектов дислокации, этот модуль позволяет вести разработку проекта, не изменяя актуального состояния дороги. Такой подход даёт пользователю возможность переключаться между фактическим и проектным состоянием или различными его вариантами, сравнивать их и рассматривать отличия и изменения. По завершении работы над проектом он, после проведения соответствующих работ, может быть превращён в новое актуальное состояние дороги, в соответствии со стадиями жизненного цикла дороги. При этом все проектные объекты станут существующими, проект со всей сопутствующей информацией ляжет в архив, а на обновлённый участок будут добавлены соответствующие гарантии [9].

Конечно, стоит заметить, что не всегда у организации, занимающейся

разработкой проекта ОДД, может быть доступ к такому программному комплексу, даже если заказчик проекта работает именно с его базой. В таком случае представляется полезной возможность работать с системой ПОДД как с отдельным приложением, поддерживающим все базовые функции, необходимые для разработки ПОДД, и позволяющим создать проект «по старинке», с нуля, но в то же время имеющим возможность обмена данными с вышеописанным комплексом программ.

Подводя итоги, можно сказать, что программным продуктам по разработке ПОДД ещё предстоит пройти длинный путь, но новая линейка продуктов компании «ИндорСофт» призвана дать проектировщику возможность создавать проекты дислокации в соответствии с современными требованиями к подобным системам. 

#### Литература:

1. ГОСТ Р 52289-2004 Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. 111 с.
2. Порядок разработки и утверждения проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах. М., 2006. 21 с.
3. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Проект. М.: Минтранс, 2013. 326 с.
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.
5. Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 12-21.
6. Скворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 22-32.
7. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1-7.
8. ВСН 37-84. Инструкция по организации движения и ограждению мест производства дорожных работ / Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1985. 40 с.
9. Скачкова А.С., Субботин С.А., Кривых И.В. Учёт гарантийных обязательств на выполненные работы в ГИС IndorRoad // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 115-119.



# Формальное описание моделей функционирования системы ВАДС

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

*В журнале «САПР и ГИС автомобильных дорог» №1(2) 2014 г. представлено описание концептуальной модели функционирования системы «водитель — автомобиль — дорога — окружающая среда» (ВАДС) как основы компьютерной имитации. В данной статье представлены основные положения предлагаемого подхода к формализации описания имитационных моделей ВАДС.*

Система есть множество взаимодействующих элементов. Категорию сложных систем можно выделить, указав ряд им присущих признаков. Основные такие признаки перечислены в [1].

В качестве элементов системы ВАДС в приложениях обычно принимаются участники дорожного движения — водители АТС и пешеходы. Однако во многих случаях с целью удобства алгоритмического описания, написания и отладки компьютерных программ целесообразно в качестве элемента рассматривать пару «водитель — автомобиль».

Для каждого участника дорожного движения задаётся определённый набор (множество) возможных управлений своим движением (перемещением)  $U$ .

Для пешехода такой набор задаётся в виде:

$$U = \{U_1, U_2\}, \quad (1)$$

где компоненты есть множества возможных направлений движения по дороге в заданной системе координат ( $U_1$ ); возможных ускорений движения в данном направлении ( $U_2$ ).

Для водителя набор (множество) управлений задаётся в виде:

$$U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6\}, \quad (2)$$

где вышеперечисленные компоненты есть множества возможных действий:

$U_1$  — степень нажатия педали акселератора (выдвижения рейки);

$U_2$  — степень нажатия педали тормоза;

$U_3$  — угловая скорость поворота рулевого колеса;

$U_4$  — номер передачи коробки перемены передач;

$U_5$  — включение/выключение фар;

$U_6$  — включение/выключение сигналов поворота.

## 1. Формальное описание элементов системы

Каждый элемент системы  $a$  представляется в виде вектора заданной размерности  $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ . Компоненты вектора  $\mathbf{a}$ , представляющие собой атрибуты или параметры данного элемента, могут принимать определённые числовые значения из заданных множеств  $a_i \in A_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Естественно, что в качестве компонент вектора  $\mathbf{a}$  выступают в том числе и значения параметров из множества возможных управлений  $U^a$ .

Множество всех допустимых значений вектора  $\mathbf{a}$  представляет собой некое подмножество  $n$ -мерного пространства  $E_n$ . Это подмножество называется пространством состояний элемента  $\mathbf{a}$  и обозначается через  $S_a$ .

Каждая компонента вектора  $\mathbf{a}$  может изменяться с течением времени. Будем считать, что конкретный вид таких изменений определяется набором функций:

$$\{f_i(t), i = 1, 2, \dots, n\}. \quad (3)$$

Эти функции могут быть заданы в аналитическом виде. Как правило, они являются решениями дифференциальных уравнений из теории автомобиля, полученными с достаточной точностью. В случае, когда элементом системы является пешеход, указанные функции означают изменение направления, скорости и ускорения движения пешехода. В описании функций (3) присутствуют, в том числе, в качестве его составляющих параметры множества управлений элемента  $U^a$ . Если какой-либо атрибут элемента во времени не изменяется, то соответствующая ему функция считается заданной константой.

В пространстве состояний элемента  $a$  выделяются некоторые состояния, которые называются особыми. Особые состояния элемента  $a$  задаются с помощью введения набора функций:

$$\{\Phi_j(a_1, a_2, \dots, a_n) = 0, j = 1, 2, \dots, j_a\}. \quad (4)$$

Уравнения

$$\Phi_j(a_1, a_2, \dots, a_n) = 0, j = 1, 2, \dots, j_a \quad (5)$$

определяют набор гиперповерхностей  $\{\Gamma_a\}$  в пространстве  $E_n$ . Пересечения этих гиперповерхностей с пространством  $S_a$  состояний элемента  $a$ , которые мы будем обозначать тем же символом  $\Gamma_a$ , представляют собой множество особых состояний элемента  $a$  (особые состояния первой категории).

Движение элемента  $a$  в пространстве состояний  $S_a$  происходит следующим образом. Пусть в начальный момент времени состояние элемента  $a$  есть  $a(t_0) = (a_1(t_0), \dots, a_n(t_0))$ . При  $t > t_0$  движение элемента  $a$  в пространстве  $S_a$  происходит по следующим законам:

$$a_i(t) = f_i(t), i = 1, 2, \dots, n. \quad (6)$$

Движение по закону (6) происходит до тех пор, пока траектория движения не достигнет особого состояния. Момент  $t^*$  выхода траектории движения элемента  $a$  на особое состояние есть минимальное положительное решение набора уравнений:

$$\Phi_j(a_1(t), a_2(t), \dots, a_n(t)) = 0, j = 1, 2, \dots, j_a. \quad (7)$$

Пусть в момент  $t^*$  состояние элемента  $a$  есть  $a(t^*) = (a_1(t^*), a_2(t^*), \dots, a_n(t^*))$ . В момент времени  $t^* + 0$ , непосредственно следующий за моментом  $t^*$ , траектория движения элемента  $a$  в пространстве  $S_a$  изменяется скачкообразно. Часто (но не всегда) скачкообразное изменение касается тех компонент вектора  $a$ , которые определяют параметры множества возможных управлений  $U^a$ . Это означает, что элемент  $a$  решил изменить некоторые параметры управления своим движением.

Формально скачкообразное изменение задаётся набором заданных распределений:

$$\{P_a(i, j, t^*, a(t^*)), i = 1, 2, \dots, j_a\}. \quad (8)$$

В момент времени  $t^* + 0$ , непосредственно следующий за моментом  $t^*$ , значения компонент вектора состояния элемента  $a$  принимают значения:

$$a_i(t^* + 0) = \text{rand}(i, j^*), i = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

где  $j^*$  — номер уравнения из системы уравнений (7), решением которого является величина  $t^*$ ;  $\text{rand}(i, j^*)$  — случайная величина, распределённая по соответствующему закону (8).

В большинстве приложений данного подхода значительное число распределений (8) являются вырожденными и выражения (9) принимают вид:

$$a_i(t^* + 0) = a_i(t^*). \quad (10)$$

После скачка, т.е. при  $t > t^* + 0$  движение элемента  $a$  в его пространстве состояний происходит по законам (6) до тех пор, пока траектория движения опять не выйдет на одно из особых состояний, после чего опять происходит скачок в соответствии с набором (8) и т.д.

## 2. Формальное описание автономной системы ВАДС, состоящей из конечного числа элементов

Пусть в момент  $t_0$  рассматриваемая система состоит из  $N$  элементов:

$$\begin{aligned} a^1 &= (a_1^1, a_2^1, \dots, a_n^1), \\ a^2 &= (a_1^2, a_2^2, \dots, a_n^2), \\ &\dots \\ a^N &= (a_1^N, a_2^N, \dots, a_n^N), \end{aligned} \quad (11)$$

пространства состояний которых соответственно обозначим через  $S_{a^1}, S_{a^2}, \dots, S_{a^N}$ . Пусть далее для каждого элемента системы заданы законы движения типа (6), особые состояния  $\Gamma_{a^i}$ , лежащие на гиперповерхностях, определяемых уравнениями типа (5), и наборы распределений типа (8), определяющих скачкообразное изменение траекторий движения элементов в своих пространствах состояний.

Определим пространство состояний  $S$  рассматриваемой системы как прямое произведение пространств состояний составляющих её элементов:

$$S = S_{a^1} \otimes S_{a^2} \otimes \dots \otimes S_{a^N}. \quad (12)$$

Вектор состояния системы  $S$  имеет вид:

$$s = (a_1^1, a_2^1, \dots, a_{n_1}^1, \dots, a_1^N, a_2^N, \dots, a_{n_N}^N). \quad (13)$$

Размерность пространства состояния системы равна сумме размерностей пространств состояний составляющих её элементов:

$$\begin{aligned} \dim S &= \dim S_{a^1} + \dim S_{a^2} + \dots + \\ &+ \dim S_{a^N} = n_1 + n_2 + \dots + n_N. \end{aligned} \quad (14)$$

Динамика вектора  $s$  полностью определяется динамикой компонент векторов составляющих её элементов, т.е. наборами функций типа (6). Естественным образом в пространстве  $S$  определяются множества особых состояний  $\Gamma_{a^i}$ , связанных с автономным функционированием составляю-

щих её элементов, как удовлетворяющих условиям типа (5), и наборы распределений типа (8).

### 3. Формальное описание взаимодействий между элементами системы

Формальное описание взаимодействия между элементами системы осуществляется с помощью следующей конструкции.

Рассмотрим вначале описание взаимодействий между двумя элементами системы  $a^k=(a_1^k, a_2^k, \dots, a_{n_k}^k)$  и  $a^l=(a_1^l, a_2^l, \dots, a_{n_l}^l)$ . Прежде всего, следует формально определить условия наступления взаимодействий. Будем считать, что элемент  $a^k$  вступает в некоторое взаимодействие с элементом  $a^l$ , если выполняется заданное условие:

$$\Phi_{a^k a^l}^v(a_1^k, a_2^k, \dots, a_{n_k}^k, a_1^l, a_2^l, \dots, a_{n_l}^l) = 0, \quad (15)$$

где  $\Phi_{a^k a^l}^v$  — заданные функции;  
 $v$  — тип взаимодействия.

Множество точек пространства состояния системы  $S$ , удовлетворяющих условию (15), определяет наступление определённого вида взаимодействия элемента  $a^k$  с элементом  $a^l$ .

Описание наступления всех видов взаимодействий между любыми двумя элементами системы представляет собой набор функций:

$$\{\Phi_{a^k a^l}^v(a_1^k, a_2^k, \dots, a_{n_k}^k, a_1^l, a_2^l, \dots, a_{n_l}^l), \quad (16)$$

$$k = 1, 2, \dots, N, \quad l = 1, 2, \dots, N, \quad l \neq k\}.$$

Множество точек пространства состояния системы  $S$ , удовлетворяющих условию (15) для всего набора функций (16), определяет наступление всех видов взаимодействий между всеми парами элементов системы. Данное множество точек будем называть особыми состояниями системы второй категории.

Аналогичным образом описывается наступление взаимодействий между тремя и более элементами системы. Однако здесь следует отметить, что в практических приложениях теории всегда удавалось свести взаимодействие трёх и более элементов системы к определённой совокупности (последовательности) взаимодействий пар элементов (в основном, за счёт расширения пространства состояний элементов системы, а следовательно, и системы в целом). Поэтому в дальнейшем будем рассматривать только парные взаимодействия.

Нахождение момента достижения траекторией системы в её пространстве состояний особого состояния второй категории осуществляется следующим образом.

Пусть в начальный момент времени система состоит из  $N$  элементов и вектор её состояния есть  $s(t_0)=(a_1^1(t_0), a_2^1(t_0), \dots, a_{n_1}^1(t_0), \dots, a_1^N(t_0), a_2^N(t_0), \dots, a_{n_N}^N(t_0))$ . При  $t > t_0$  движение вектора  $s$  в пространстве состояний системы  $S$  происходит по законам типа (6) до тех пор, пока траектория движения не достигнет особого состояния. Момент  $t^*$  выхода траектории состояния системы  $s$  на особое состояние второй категории есть минимальное положительное решение набора уравнений для всех  $v$ :

$$\Phi_{a^k a^l}^v(a_1^k(t), a_2^k(t), \dots, a_{n_k}^k(t), a_1^l(t), a_2^l(t), \dots, a_{n_l}^l(t)) = 0, \quad k = 1, 2, \dots, N, \quad l = 1, 2, \dots, N, \quad l \neq k. \quad (17)$$

Пусть в момент  $t^*$  состояние системы есть  $s(t^*)=(a_1^1(t^*), a_2^1(t^*), \dots, a_{n_1}^1(t^*), \dots, a_1^N(t^*), a_2^N(t^*), \dots, a_{n_N}^N(t^*))$ . В момент времени  $t^*+0$ , непосредственно следующий за моментом  $t^*$ , траектория состояния системы в пространстве  $S$  изменяется скачкообразно. Как и в выше описанном случае, часто (но не всегда) скачкообразное изменение касается тех компонент вектора  $s$ , которые определяют параметры множества возможных управлений  $U^a$ , участвующего во взаимодействии элемента  $a$ . Это означает, что элемент  $a$  решил изменить некоторые параметры управления своим движением.

Формально скачкообразное изменение задаётся набором заданных распределений:

$$P_{a^k a^l}^v(k, l, t^*, s(t^*)), \quad (18)$$

$$k = 1, 2, \dots, N, \quad l = 1, 2, \dots, N, \quad l \neq k.$$

Обозначим через  $I_{a^k}$  подмножество номеров тех компонент вектора состояния системы  $s$ , которые описывают все параметры элемента  $a^k$ . В момент времени  $t^*+0$ , непосредственно следующий за моментом  $t^*$ , значения компонент вектора состояния системы  $s$  с номерами  $i$ , принадлежащими подмножеству номеров  $I_{a^k}$ , принимают значения:

$$s_i(t^*+0) = \text{rand}(i, l, v), i \in I_{a^k}, \quad (19)$$

где  $l$  — номер элемента, с которым взаимодействует элемент  $a^k$ ;

$v$  — номер уравнения из системы уравнений (17), решением которого является величина  $t^*$ ;

$\text{rand}(i, l, v)$  — случайная величина, распределённая по соответствующему закону (18).

В большинстве прикладных приложений данного подхода значительное число распределений (18) является выродившимися и выражения (19) принимают вид:

$$s_i(t^*+0) = s_i(t^*). \quad (20)$$

### 4. Формальное описание взаимодействия системы с внешней средой

Взаимодействие системы с внешней средой осуществляется путём обмена с ней входными и выходными сигналами.

Формальное описание входных сигналов, прежде всего, определяется заданием множеством входных сигналов различных типов:

$$X = \{X^1, X^2, \dots, X^m\}, \quad (21)$$

где  $X^i$  — множество входных сигналов  $i$ -го типа.

Времена поступления в систему входных сигналов каждого типа в общем случае считаются случайными величинами, распределёнными по заданным законам:



$$\{P_i, i = 1, 2, \dots, m\}. \quad (22)$$

Формальное задание содержания входных сигналов каждого типа происходит следующим образом. Каждый сигнал  $i$ -го типа представляет собой вектор заданной размерности  $x^i = (x_1^i, x_2^i, \dots, x_{m_i}^i)$ , компоненты которого могут принимать числовые значения из заданных множеств  $x_j^i \in X_j^i, j=1, 2, \dots, m_i$ . Конкретные значения компонент вектора входного сигнала определяются набором заданных законов формирования содержания входных сигналов:

$$\{R(X_j^i), i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, m_i\}. \quad (23)$$

Данные законы могут иметь различную природу. Как правило, они включают в себя стохастическую составляющую, часто они представляют собой сложные алгоритмы.

Реакция системы на поступление входных сигналов формально описывается следующим образом. Пусть  $t_{x^i}$  — момент поступления в систему входного сигнала  $i$ -го типа. Реакция системы на его поступление представляет собой скачкообразное изменение состояния системы, которое задается набором распределений:

$$\{P_x(x^i, t_{x^i}, s(t_{x^i}))\}, \quad (24)$$

где  $x^i$  — содержание входного сигнала;

$s(t_{x^i})$  — вектор состояния системы на момент  $t_{x^i}$ .

Описание реакции системы на поступление входных сигналов всех заданных типов формально определяется заданием набора распределений:

$$\{P_x(x^i, t_{x^i}, s(t_{x^i})), i = 1, 2, \dots, m\}. \quad (25)$$

Сначала для поступившего входного сигнала  $x^i$  формируется множество  $I_{x^i}$ , представляющее собой либо подмножество номеров тех компонент вектора состояния системы  $s$ , которые должны скачкообразно измениться вследствие поступления данного входного сигнала, либо номера дополнительных координат вектора состояния системы (в последнем случае размерность пространства состояния системы увеличивается), значения которых требуется сформировать, либо и то, и другое. Множество  $I_{x^i}$  в общем случае зависит от типа и содержания входного сигнала, а также от состояния системы  $s(t_{x^i})$ .

В момент времени  $t_{x^i}+0$ , непосредственно следующий за моментом  $t_{x^i}$ , значения компонент вектора состояния системы  $s$  с номерами  $j$ , принадлежащими множеству номеров  $I_{x^i}$ , принимают значения:

$$s_j(t_{x^i} + 0) = \text{rand}(i, j), j \in I_{x^i}, \quad (26)$$

где  $\text{rand}(i, j)$  — случайная величина, распределённая по соответствующему закону (25).

Система также в определенные моменты времени выдаёт вовне выходные сигналы.

Моменты выдачи выходных сигналов обычно совпадают с моментами скачкообразных изменений вектора состояния системы (моменты выхода траектории системы на особые состояния и моменты поступления входных сигналов). В подавляющем большинстве случаев этого бывает доста-

точно, однако иногда может понадобиться дополнительная информация о функционировании системы. В этом случае формальное описание моментов выдачи выходных сигналов заключается в следующем.

Задаётся набор функций от компонент вектора состояния системы  $s$ :

$$\{s_{y^i}(s), i = 1, 2, \dots, L\}. \quad (27)$$

Уравнения:

$$s_{y^i}(s) = 0, i = 1, 2, \dots, L \quad (28)$$

определяют набор гиперповерхностей  $\{\Gamma_y\}$  в пространстве состояний системы  $S$ . Момент выхода траектории системы на гиперповерхности  $\Gamma_y$  есть момент выдачи выходных сигналов. Этот момент является минимальным положительным решением набора уравнений (28). Подмножества  $\Gamma_y$  называются множеством фиктивных особых состояний, поскольку в моменты их наступления не происходят скачки состояния системы.

Формальное задание выходного сигнала происходит в виде вектора заданной размерности  $y = (y_1, y_2, \dots, y_l)$ . Содержание выходного сигнала в основном зависит от целей проведения компьютерных экспериментов и, как правило, представляет собой определённые значения вектора пространства состояний системы на момент выдачи выходного сигнала. То же самое относится и к случаю, когда исследуемая сложная система ВАДС представляется в виде композиции сложных систем, описывающих её подсистемы. Но в последнем случае время выдачи и содержание выходного сигнала определяется не целями проведения компьютерного эксперимента, а соображениями адекватности описания реальной системы как композиции сложных систем, о чём будет сказано ниже.

## 5. Микроописание сложной системы ВАДС

Предложенная выше формальная конструкция для описания функционирования фрагментов реальной системы ВАДС представляет по существу вариант математической микромоделей, который мы также будем называть микроописанием. Сгруппируем в единое целое формальные составляющие предлагаемого подхода.

Итак, назовём микроописанием некоторого исследуемого фрагмента системы ВАДС следующий кортеж понятий:

$$\{S, \{f(t)\}, \{\Phi_a\}, \{P_a\}, \{\Phi_{ab}\}, \{P_{ab}\}, \{X\}, \{Y\}, \{P_t\}, \{R\}, \{P_x\}, \{\Phi_y\}\}, \quad (29)$$

где  $S$  — пространство состояний системы;

$\{f(t)\}$  — набор функций времени типа (3), определяющих динамику вектора состояния системы в его пространстве состояний;

$\{\Phi_a\}$  — набор функций от компонент вектора состояния системы типа (4), описывающих состояние каждого отдельного элемента системы, определяющий гиперповерхности первой категории и соответствующие им особые состояния системы;

$\{P_a\}$  — набор распределений типа (8) скачкообразного изменения состояния системы вследствие наступления соответствующего особого состояния;

$\{\Phi_{ab}\}$  — набор функций от компонент вектора состояния системы типа (16), описывающих состояние каждого отдельного элемента системы во взаимодействии с другим элементом, определяющий гиперповерхности второй категории и соответствующие им особые состояния системы;

$\{P_{ab}\}$  — набор распределений типа (18) скачкообразного изменения состояния элемента системы, находящегося во взаимодействии с другим элементом, вследствие наступления соответствующего особого состояния;

$\{X\}$  — множество входных сигналов;

$\{Y\}$  — множество алгоритмических процедур, формирующих вид и содержание выходных сигналов;

$\{P_i\}$  — набор распределений типа (22) времён поступления в систему входных сигналов различных типов;

$\{R\}$  — набор законов формирования содержания входных сигналов всех типов;

$\{P_s\}$  — набор распределений типа (25) скачкообразного изменения состояния системы вследствие поступления входного сигнала;

$\{\Phi_y\}$  — набор функций от компонент вектора состояния системы типа (27), определяющий моменты выдачи выходных сигналов.

Опишем вкратце алгоритм функционирования во времени такого рода микроописания.

Сначала требуется задать начальные условия и период функционирования системы  $T_s$ . Пусть на начальный момент времени  $t_0$  заданы следующие значения:

$s(t_0)$  — вектор состояния системы;

$t_1(t_0), t_2(t_0), \dots, t_m(t_0)$  — длительности временных интервалов, оставшихся до поступления в систему входных сигналов каждого из  $m$  типов соответственно.

Движение вектора  $s$  в пространстве состояний системы  $S$  происходит по законам  $\{f(t)\}$  до тех пор, пока состояние системы не достигнет особого состояния, либо пока в систему не поступит входной сигнал.

Как говорилось выше, моменты наступления особых состояний являются минимальными положительными решениями соответствующих наборов уравнений, которые определяются составляющими  $\{\Phi_a\}$ ,  $\{\Phi_{ab}\}$  и  $\{\Phi_y\}$  микроописания (29). Пусть  $t^*$  — момент наступления особого состояния, определяемого составляющими  $\{\Phi_a\}$  и  $\{\Phi_{ab}\}$ ,  $t^{**}$  — момент наступления фиктивного особого состояния, определяемого составляющей  $\{\Phi_y\}$ , которые определяются на начальный момент времени  $t_0$ . Найдём значение  $t_{min}$ .

$$t_{min} = \min(t^*, t^{**}, t_1(t_0), t_2(t_0), \dots, t_m(t_0), T_s). \quad (30)$$

На отрезке  $[t_0, t_{min}]$  динамика системы определена (законы  $\{f(t)\}$ ). В момент  $t_{min}+0$ , непосредственно следующий за моментом  $t_{min}$ , происходит изменение состояния системы следующим образом:

1. Если  $t_{min}=t^*$ , то состояние  $s(t^*+0)$  определяется как скачок, определяемый распределениями  $\{P_a\}$  или  $\{P_{ab}\}$  в зависимости от того, является ли  $t^*$  моментом наступления особого состояния 1-й или 2-й категории соответственно. Времена поступления входных сигналов и период функционирования системы  $T_s$  изменяются по следующему закону:

$$\begin{aligned} t_1(t_{min}+0) &= t_1(t_{min}) - t_{min}, \\ t_2(t_{min}+0) &= t_2(t_{min}) - t_{min}, \\ &\dots \\ t_m(t_{min}+0) &= t_m(t_{min}) - t_{min}, \\ T_s(t_{min}+0) &= T_s(t_{min}) - t_{min}. \end{aligned} \quad (31)$$

В дальнейшем, т.е. при  $t \geq t_{min}+0$ , изменение системы  $s(t)$  происходит по законам  $\{f(t)\}$ .

2. Если  $t_{min}=t^{**}$ , то в момент  $t^{**}+0$  происходит формирование и выдача выходного сигнала в соответствии с множеством  $\{Y\}$ . Времена поступления входных сигналов и период функционирования системы  $T_s$  изменяются по закону (31). В дальнейшем, т.е. при  $t \geq t_{min}+0$ , изменение системы  $s(t)$  происходит по законам  $\{f(t)\}$ .

3. Если  $t_{min}=t_i(t_0)$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ), то в соответствии с законами  $\{R\}$  формируется содержание входного сигнала типа  $i$ . В момент  $t_{min}+0$  происходит скачкообразное изменение состояния системы в соответствии с распределением  $\{P_s\}$ .

В соответствии с распределением  $\{P_s\}$  формируется момент времени  $t_i^*$  поступления очередного входного сигнала типа  $i$ .

$$t_1(t_{min}+0) = t_i^*. \quad (32)$$

Времена поступления входных сигналов других типов и период функционирования системы  $T_s$  изменяются по закону (31). В дальнейшем, т.е. при  $t \geq t_{min}+0$ , изменение системы  $s(t)$  происходит по законам  $\{f(t)\}$ .

4. Если  $t_{min}=T_s$ , то происходит завершение моделирования функционирования системы.

В пунктах 1, 3 и 4 также могут выдаваться выходные сигналы в соответствии с множеством  $\{Y\}$ .

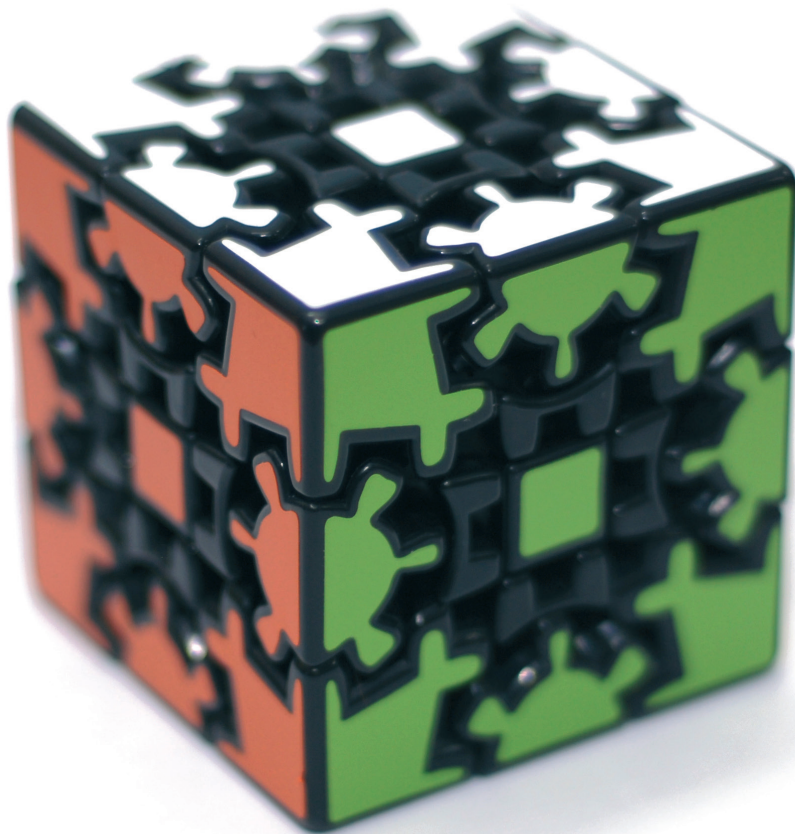
## 6. Заключение

Приведённый выше подход лежит в основе обширного семейства имитационных моделей ВАДС, разработанных и разрабатываемых в ООО «ИНЭМДорТранс». На основе результатов проведения многочисленных компьютерных экспериментов с различными микроописаниями ВАДС строятся соответствующие макротейории функционирования данной системы, позволяющие проводить прогнозы её работы с учётом всех влияющих факторов в широких диапазонах их варьирования. ■

Литература:

1. Ерёмин В.М. Концептуальная модель функционирования системы ВАДС как основа компьютерной имитации // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 90–93.

# Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ



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)

*Рассматриваются главные концепции, заложенные в проекте ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Базовая модель данных». Подробно рассматриваются основополагающие вопросы, связанные с представлением линейной метрики и топологии, а также темпоральность и версионирование (представление временной компоненты и вариантов всех изменений модели).*

## 1. Введение

В настоящее время в мире используется множество разнотипных стандартов, касающихся информационных моделей автомобильных дорог. По своему происхождению и назначению среди этих стандартов можно выделить таковые, разработанные в геоинформационном сообществе разработчиками интеллектуальных транспортных систем (ИТС), а также дорожниками:

- Среди геоинформационных (наиболее универсальных) стандартов наиболее часто применяются серия международных стандартов ISO 19100 (технический комитет ISO/TC 211 «Географическая информация / Геоматика»), американский FIPS 173 (разработка Federal Information Processing Standards, США) и европейский ENV 12656 (комитет IST/36 European Committee for Standardization, CEN).
- Для описания транспортных сетей в рамках ИТС широко используется стандарт ISO 14825 «Geographic Database Files (GDF)

5.0» [1]. Разработку курирует технический комитет ISO/TC 204 «Интеллектуальные транспортные системы».

- Специально для описания автомобильных дорог в Европе разработан стандарт EuroRoadS [2–6], позднее вошедший в состав более общего стандарта INSPIRE. Стандарт EuroRoadS был построен с учётом опыта ранее применяемых в Европе дорожных систем ATKIS (Германия), GEOROUTE (Франция) и NRDB (Норвегия [7]).

Несмотря на первоначальные различия в целях построения этих 3 групп стандартов, за последние годы они сблизились по своей структуре и требованиям к первой — геоинформационной группе. Эти стандарты дают базовое описание сети дорог как топологической сети, системы координат (в т.ч. линейной), принципов дополнения модели данных и некоторых стандартных объектов на дороге, необходимых в первую очередь пользователям дорог. Более специфических



стандартов моделей автомобильных дорог в настоящее время на международном уровне нет. В отдельных странах функционируют национальные базы дорожных данных (например, вышеупомянутые ATKIS, GEOROUTE, NRDB и пр.), которые являются дорожными стандартами де-факто в своих странах.

В настоящее время в силу российской специфики не все даже базовые международные геоинформационные стандарты применимы для отечественных автомобильных дорог. Основные проблемы связаны с системами координат и линейной (километровой) привязкой объектов. Кроме того, в существующих стандартах для дорожников отсутствуют ответы на многие вопросы, связанные с описанием дороги как инженерного сооружения, объектов инженерного обустройства, недвижимости, информации о землепользовании.

Кроме того, несмотря на то, что многие международные стандарты зачастую разрабатываются в рамках одной организации (таких как ISO и CEN), существующие стандарты содержат различные и даже противоречивые требования. Именно поэтому при разработке отечественного стандарта на геоинформационные модели данных автомобильных дорог было важно выбрать ориентир с учётом мировых тенденций и требований дорожной отрасли Российской Федерации.

## 2. Линейная метрика и топология

В статье [8] проведён подробный разбор принципов измерений линейного положения (метрики) и представления топологии автомобильных дорог, заложенных в основу проекта ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Общие технические требования». В обсуждаемом в данной статье проекте ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Базовая модель данных» представлена модель в виде системы классов, представляющая топологию и линейную метрику в соответствии с данным подходом.

Данная модель представляет параллельно и взаимосвязанно 2 важные конструкции:

- топологию сети автомобильных дорог, образуемую классами Node (узел

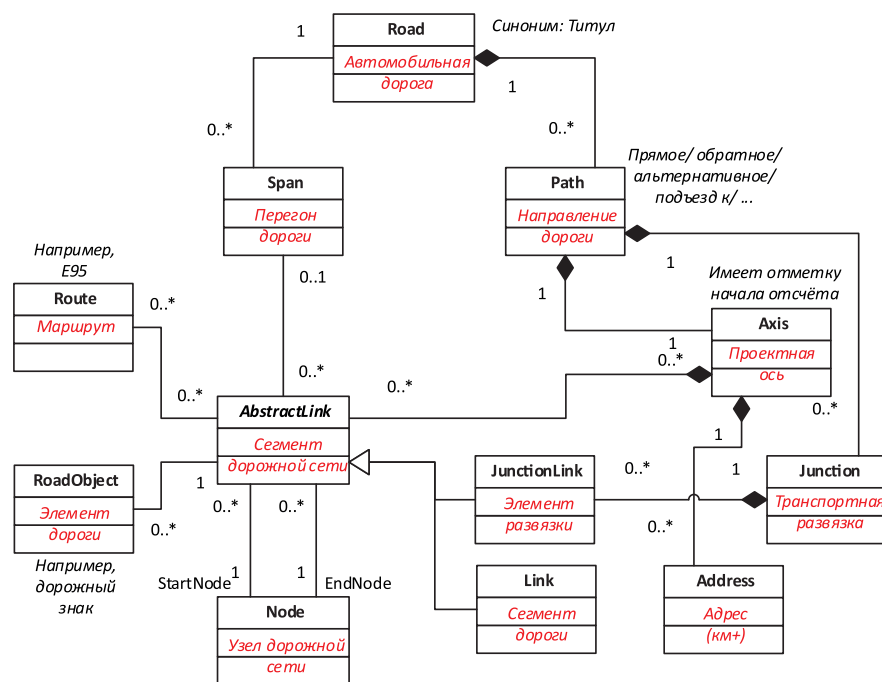


Рис. 1. Модель, представляющая топологию и линейную метрику автомобильных дорог

дорожной сети) и AbstractLink (сегмент дорожной сети);

- геометрию осей автомобильных дорог и линейную метрику, образуемые классами Axis (проектная ось) и Address (точечный «км+» или протяжённый «км+ — км+»).

Дополнительные классы описывают агрегатные понятия, такие как:

- направления — Path, объединяющие цепочку проектных осей (и опосредованно через них — сегментов дорожной сети), предназначенные для обозначения крупных транспортных ответвлений автомобильной дороги (например, основное направление, альтернативные направления титула, подъезды, входящие в титул, обходы, старые направления или иное);

- транспортные развязки — Junction, объединяющие элементы развязки в единое целое и имеющие ссылку на направление, к которому организационно отнесена развязка;

- перегон дороги — Span, объединяющий цепочку сегментов дорожной сети и представляющий логический участок дороги, однородный по транспортной работе и/или связывающий два важных населённых пункта, транспортных узла;

- маршрут — Route, строящийся как цепочка сегментов дорожной сети и представляющий некоторый логиче-

ский транспортный маршрут, например, именованный международный транспортный коридор;

- дорожный объект, элемент дороги — RoadObject, представляющий обобщённый элемент дороги, инженерного обустройства, сервиса, искусственное сооружение или иной объект, относящийся к автомобильной дороге;

- автомобильная дорога — Road, учётная единица, титул, образуемая совокупностью направлений, перегонов, развязок, проектных осей, сегментов дорожной сети и дорожных объектов.

На рисунке 2 приведён пример реализации данной модели на примере небольшой сети автомобильных дорог.

## 3. Темпоральность и версионирование

Одной из наиболее перспективных современных технологий описания «жизни» объектов во времени с учётом множества параллельных вариантов состояния предметной области в целом является модель версий. Версия — это «моментальный снимок» состояния предметной области в некоторый момент времени, фиксирующий изменения, произошедшие с объектами [9]. Примером версии, описывающей состояние сети автомобильных дорог, может служить база данных по ежегодной диагностике. Однако важным

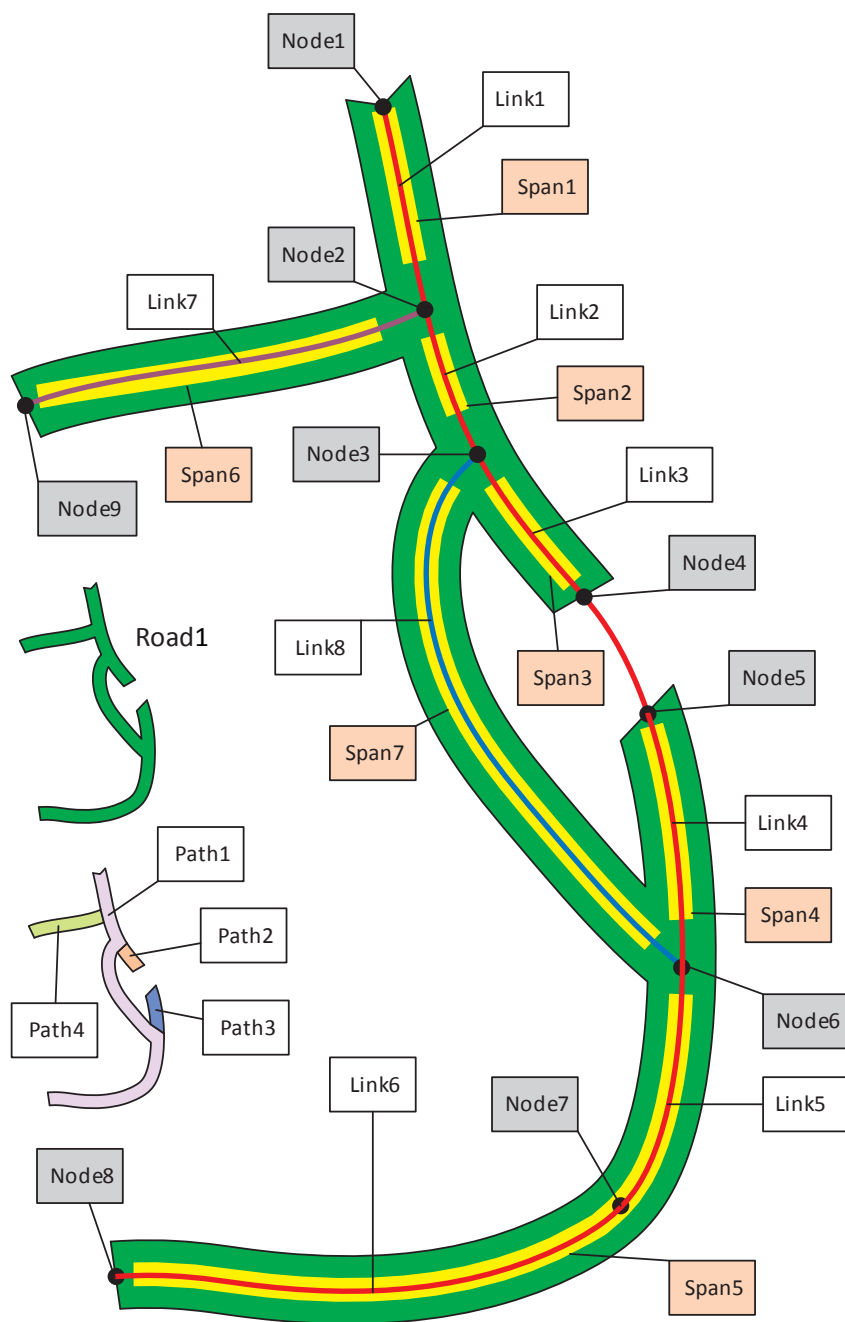


Рис. 2. Пример реализации модели топологии и линейной метрики

свойством модели версий является то, что разные версии описывают одни и те же объекты, т.е. они явно и точно взаимосвязаны (чего нет в имеющихся информационных системах, эксплуатируемых в дорожной отрасли).

Другим важным свойством модели версий является то, что могут иметься параллельные во времени или конкурирующие версии одного и того же объекта. Этим техническим приёмом достигается возможность параллельной независимой работы с предметной областью разными пользовате-

лями, вариантного планирования и проектирования. В процессе работы конкурирующие версии могут снова объединяться (рис. 3).

Разработанная модель версий реализует древовидную структуру ветвей (альтернативных описаний). Версия охватывает все объекты предметной области и их взаимосвязи. При этом объекты, которые не изменялись по сравнению с предыдущей версией, не дублируются, а берутся старые. С точки зрения пользователя, он работает в данной конкретной версии данной

конкретной ветви (альтернативы); доступ к текущим изменённым объектам или старым неизменным система должна выполнять автоматически — по уникальному идентификатору объекта.

На рисунке 4 представлена диаграмма классов модели версий. Важнейшим здесь является класс «Версионизируемый объект» (*VersionedObject*). Это самый общий уровень абстракции для всех видов объектов, представляемых в ГИС. Данный класс формализует состояние любого объекта в рамках одной из версий. Кроме того, этот класс задаёт для каждого объекта уровень детализации в виде промежутка [MinLevel, MaxLevel], в котором данный объект актуален.

Пара классов «Версия» (*Version*) и «Ветвь» (*Branch*) описывают древовидную структуру версий и альтернативных вариантов — ветвей. Версия имеет дату создания (фиксации изменений) и входит в одну из ветвей. Версия может иметь статус «утверждена» (*IsMileStone*) или быть промежуточной. Ветвление может происходить только от утверждённых версий; промежуточные версии введены для поддержки механизма длинных транзакций.

В системе всегда должна присутствовать одна ветвь со статусом «головная» (*IsHead*). Это ветвь, представляющая актуальное состояние предметной области на протяжении рассматриваемого периода времени. Все прочие ветви предназначены для моделирования альтернативных вариантов и выполнения промежуточных действий пользователей. На рисунке 5 приведён пример дерева версий.

Для поддержания уникальности объекта в разных версиях и ветвях введён класс «Уникальный объект» (*UniqueObject*), имеющий важное свойство — уникальный идентификатор *ObjectID*. Класс связан перекрёстной ссылкой с *VersionedObject*, что даёт последнему информацию о том, версию какого уникального объекта он представляет.

## 4. Заключение

Анализ международного опыта стандартизации структур и моделей данных автомобильных дорог показывает, что основное направление стандартизации основывается на

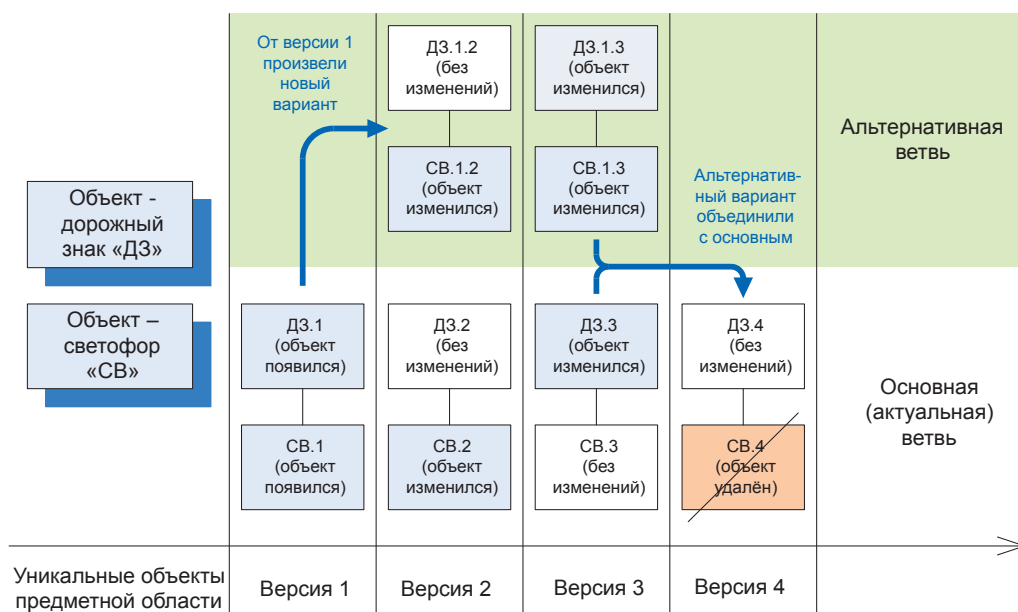


Рис. 3. Пример представления изменений дорожных объектов в модели версий

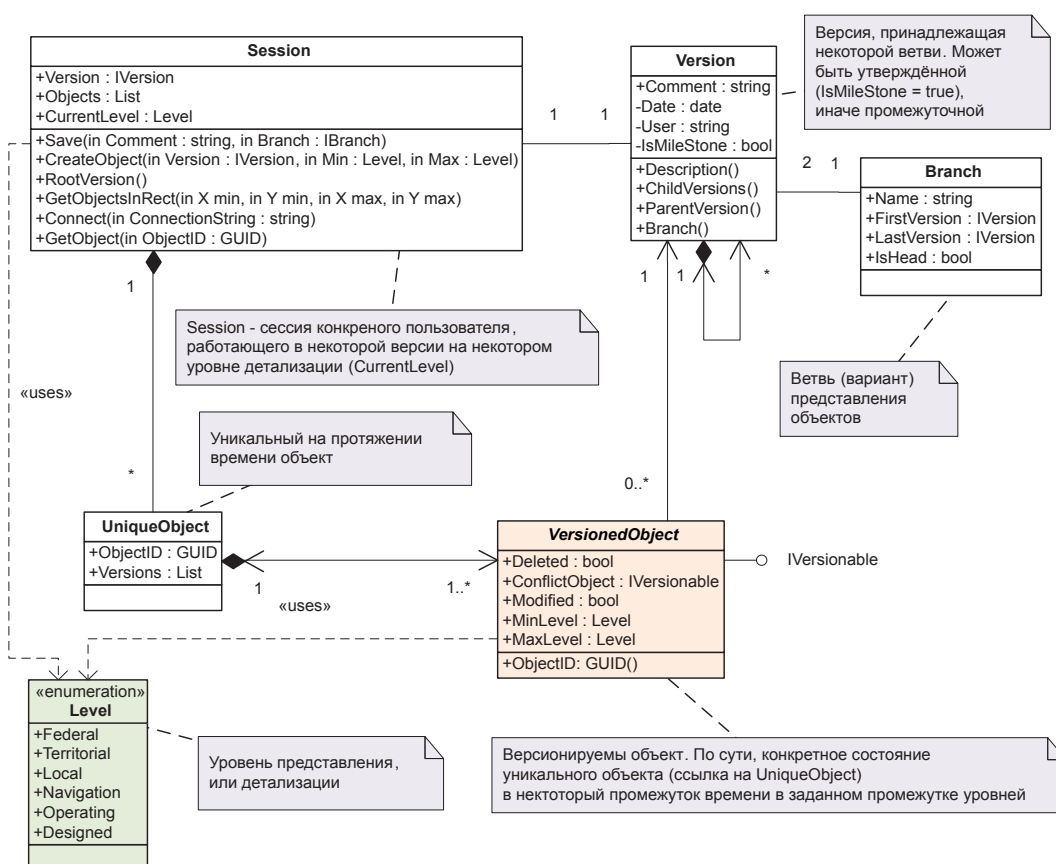


Рис. 4. Пакет «Версионизуемые объекты» — модель версий



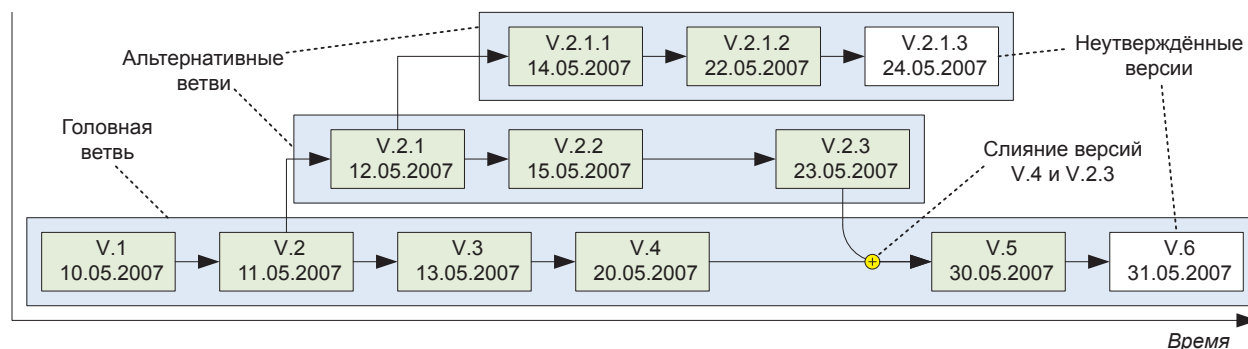


Рис. 5. Дерево версий. Зелёные блоки — утверждённые версии с датами; белые — неутверждённые (рабочие) версии.

концепции инфраструктуры пространственных данных. Эта концепция подразумевает в первую очередь определение моделей и форматов обмена данными, базовые правила построения таких моделей и правила расширения моделей для конкретных прикладных задач.

Вместе с тем в стандартах EuroRoadS и GDF, несмотря на их ориентированность на дорожную отрасль, без внимания остаётся полноценное описание самого сооружения — автомобильной дороги. В связи с этим прямое заимствование данных стандартов не решит важнейшие базовые задачи дорожной отрасли.

В разработанном 2013–2014 гг. компанией «ИндорСофт» по заказу Федерального дорожного агентства проекте ГОСТ впервые предложена расширенная модель данных автомобильных дорог. За основу взята принятая в мире идеология построения пространственно-топологической сети, с которой связаны конкретные объекты конструкции автомобильных дорог.

Также впервые предложена модель и структура данных для темпорального представления всех объектов автомобильных дорог с целью правильного учёта изменений в рамках жизненного цикла с учётом многовариантного моделирования. Это актуально для вариантного проектирования и сравнения эталонной проектной модели и результатов изменений автомобильной дороги в процессе эксплуатации, ремонтов и реконструкций.

Следует также отметить, что предлагаемые в проекте стандарта ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Базовая модель данных» и рассмотренные в данной статье подходы были апробированы в ряде информационных систем [10, 11] и показали применимость как в ГИС, так и в САПР [12]. Особенную актуальность данные подходы получают в контексте их применения для развития BIM-технологий автомобильных дорог [13–15]. ■

#### Литература:

1. ISO 14825 «Geographic Database Files (GDF) 5.0». 2011. 1240 p.
2. EuroRoadS Deliverable D1.9. Public Final Project Report. 2006. 29 p.
3. EuroRoadS Deliverable D6.3. Road network information model. 2006. 118 p.
4. EuroRoadS Deliverable D6.5. Final specification of core European road data. 2006. 69 p.
5. EuroRoadS Deliverable D6.10. Road network exchange model. 2006. 50 p.
6. EuroRoadS Deliverable D6.11. Final specification of Road network exchange format. 2006. 115 p.
7. NRDB. Administrative rutiner v.2.0 Presiseringer. 2013. 10 p.
8. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 47–54.
9. Скачкова А.С. Субботин С.А., Скворцов А.В. Поддержка темпоральности в ГИС автомобильных дорог IndorRoad // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 82–86.
10. Субботин С.А., Скачкова А.С. ГИС автомобильных дорог IndorRoad. Новая версия // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 55–59.
11. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1–7.
12. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 10–17.
13. 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.
14. Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 12–21.
15. Скворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 22–32.

# Проект дорожной методики по сбору, хранению и обновлению данных ГИС

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

*Рассматриваются главные концепции, заложенные в проекте ОДМ «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Порядок сбора, хранения и обновления данных». Рассматриваются вопросы первоначального сбора исходных данных, а также их поддержания в актуальном состоянии.*

## Введение

Согласно Федеральному закону №257–ФЗ [1] дорожная деятельность включает в себя: «деятельность по проектированию, строительству, реконструкции, капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог». Все эти виды деятельности существенным образом опираются на техническую документацию по автомобильным дорогам, регламентируемую целым рядом ВСН, ОДН, ОДМ, временных инструкций и методических указаний. В общем случае эти документы содержат противоречия, разночтения, и на основании создаваемой по ним технической документации невозможно точно определить многие важные параметры автомобильных дорог. Кроме того, процессы, регламентированные этими документами, во многом дублируются.

В данной статье рассматривается проект ОДМ по порядку сбора, хранения и обновления данных геоинформационных систем автомобильных дорог, разработанный в 2013–2014 гг. компанией «ИндорСофт» по заказу Федерального дорожного агентства. Новая дорожная методика должна устранить многократное дублирование информации об автомобильных дорогах, стандартизировать состав, форму и технологические требования к процессам сбора данных об автомобильных дорогах, а также указать сферы и порядок применения геоинформационных систем автомобильных дорог в дорожной деятельности. Работа выполнена согласно Федеральному закону № 184–ФЗ [2], ОДМ 218.1.001–2010 [3], ОДМ 218.1.002–2010 [4] и имеет статус НИР.

## Текущая нормативно-техническая база

Одним из важных недостатков существующей нормативно-технической базы, касающейся сбора, хранения и обновления данных по автомобильным дорогам, является многократное дублирование разнообразных работ в течение

всего жизненного цикла автомобильных дорог, а также недостаточное качество имеющейся информации (в соответствии с критериями качества ГОСТ Р ИСО 19113–2003 [5] и стандартами качества в EuroRoadS [6]):

■ **Низкая актуальность.** Из-за ограниченного финансирования работы по паспортизации и диагностике проводятся реже регламентных сроков.

■ **Невысокая доступность.** Документация по дорогам зачастую представляется в бумажном виде, что ограничивает быстрый доступ к информации всеми заинтересованными сторонами.

■ **Присутствует логическая несогласованность** данных в материалах различных видов работ: одни и те же объекты могут описываться разными наборами характеристик, а одинаковые характеристики — значениями из различных классификаторов, зачастую несовпадающих.

■ **Низкая позиционная точность.** В настоящее время на дорогах широко применяются линейные (километровая и пикетажная) системы координат с нечёткой фиксацией точек отсчёта, допускающие ошибки определения местоположения до 5% на 1 пог. км, а также имеющие неоднозначности в определении самого понятия оси дороги, относительно которой измеряется расстояние. Кроме того, на дорогах чётко не закреплены понятия «начало дороги» и «конец дороги». В совокупности с человеческим фактором ошибки измерения положения объектов на местности могут достигать десятков и сотен метров.

■ **Низкая временная точность.** Отсутствие баз данных с информацией о всех видах выполняемых на автомобильных дорогах работ, а также об изменениях, происходящих с дорогами, приводит к тому, что в большинстве случаев решения принимаются на основе устаревших данных.

■ **Низкая тематическая точность.** Нормативные документы, регламентирующие вид

и состав отчётной документации (карточек и ведомостей) по автомобильным дорогам, зачастую ориентированы на естественный язык, что приводит к появлению машинно-нечитаемых текстовых (описательных) значений в проектно-изыскательских материалах различных подрядных организаций. Всё это приводит к существенным ограничениям в последующей автоматизированной обработке информации.

По нашей оценке, низкий уровень качества документации по автомобильным дорогам не является злым умыслом или халатностью исполнителей документации. Действующая нормативная база во многом складывалась до эпохи массовой компьютеризации, когда отдельные виды работ завершались получением самодостаточной бумажной документации.

Сегодня с позиции опыта мы понимаем, что бумажная документация имеет недостаточный уровень качества и детализации. Используя современные компьютерные технологии возможно создание единой информационной среды, предоставляющей доступ к информации в рамках параллельных процессов. Такой подход позволит во многом ускорить получение необходимых данных, избежать дублирования работ на этапах сбора, хранения и обновления информации по автомобильным дорогам.

Устранение дублирования процессов сбора данных, кстати, является одним из фундаментальных принципов, лежащих в основе стремительно набирающей популярность технологии информационного моделирования — BIM [7–10].

### Новые важные термины

В проекте ОДМ вводятся следующие формальные определения:

**Пространственные дорожные данные** — информация о расположении, размерах, конструкции и технических характеристиках автомобильных дорог, их конструктивных частей, элементах инженерного обустройства и искусственных сооружений.

**Модель дорожных данных** — модель данных для описания расположения, размеров, конструкции и технических характеристик автомобильных дорог, их конструктивных частей, элементов инженерного обустройства и искусственных сооружений, а также

их изменения в течение жизненного цикла автомобильной дороги.

**Пространственная (геопрограммная) база данных автомобильных дорог** — совокупность пространственных дорожных данных по автомобильным дорогам, организованная в соответствии с моделью дорожных данных.

---

...дублирующие этапы можно исключить, предоставив автоматизированный доступ к параллельно создаваемой (в рамках смежных процессов) информации, используя современную вычислительную технику и сети.

---

**Классификатор элементов автомобильных дорог** — перечень видов логических и конструктивных элементов автомобильных дорог, элементов инженерного обустройства, искусственных сооружений.

**Дорожная адресация** — способ идентификации автомобильных дорог, их элементов, объектов обустройства, искусственных сооружений и других объектов, событий и явлений на автомобильной дороге, позволяющий человеку или информационной системе однозначно определить расположение идентифицируемого объекта.

**Собственник** — тот, в чьей собственности находится автомобильная дорога.

**Владелец** — организация, имеющая на своём балансе (или доверительном управлении) автомобильную дорогу или её участок и/или осуществляющая управление процессами проектирования, эксплуатации, строительства/реконструкции и ремонтов.

**Подрядчик** — организация, выполняющая дорожные работы по заказу владельца.

**Оператор** — организация, осуществляющая внесение данных в геоинформационную модель автомобильных дорог.

### Общие положения

Порядок внесения данных в пространственную базу данных автомобильных дорог предназначен для упорядочения процессов формирования, актуализации и сопровождения пространственной базы данных автомобильной дороги как основного хранилища технической и технологиче-

ской информации об автомобильной дороге в течение её жизненного цикла.

Процесс внесения данных в пространственную базу данных автомобильной дороги подразделяется на три этапа.

■ Формирование пространственной базы данных автомобильной дороги (первичный ввод данных) — создание

новой пространственной базы данных автомобильной дороги для объектов, для которых ещё не создавалась пространственная база данных автомобильной дороги, или если имеющаяся пространственная база данных автомобильной дороги не проходила актуализацию и сопровождение в течение последних пяти лет, а также для вновь проектируемых объектов.

■ Актуализация пространственной базы данных автомобильной дороги (ввод данных по результатам периодических мероприятий на автомобильной дороге) — обновление пространственной базы данных автомобильной дороги для объектов (дорог, участков дорог), на которых производились:

- реконструкция, капитальный ремонт и исполнительная съёмка (по результатам реконструкции и капитального ремонта);
- изменения инженерного обустройства и организации дорожного движения;
- измерения эксплуатационных показателей автомобильной дороги;
- землеустроительные работы;
- значительные изменения рельефа местности и объектов придорожной полосы.

■ Оперативное ведение пространственной базы данных автомобильной дороги (оперативный ввод данных по выявляемым незначительным изменениям, связанным с автомобильной дорогой) — постоянный ввод данных о:

- работах, выполняемых в период реконструкции и эксплуатации автомобильной дороги;
- локальных изменениях инженерного обустройства и организации дорожного движения;



- дефектах, выявляемых в ходе технических инспекций автомобильной дороги;
- интенсивности и составе дорожного движения, дорожно-транспортных происшествиях;
- изменениях смежных землепользователей и объектов сервиса в придорожной полосе и полосе отвода;
- незначительных изменениях местности и объектов в придорожной полосе.

Внесение данных в пространственную базу данных автомобильной дороги необходимо начинать на предпроектной стадии (разработка схемы территориального планирования, проекта планировки) или проектной стадии существования автомобильной дороги, используя имеющиеся пространственные базы данных смежных автомобильных дорог на этапах предпроектной и проектной деятельности в качестве одного из видов исходных данных.

Для существующих автомобильных дорог формирование пространственной базы данных необходимо проводить вместо очередных работ по паспортизации, а также совмещать их с работами по землеустройству. При этом необходимость в работах по периодической паспортизации отпадает ввиду замены их пространственной базой данных автомобильной дороги.

В организации-владельце рекомендуется составить список подразделений, использующих пространственную базу данных автомобильной дороги, и назначить лиц, ответственных за актуализацию данных по конкретным дорожным объектам. В должностные инструкции сотрудников, работающих с пространственной базой данных автомобильной дороги, рекомендуется внести соответствующие изменения.

## Основные технологические этапы

Нами были выделены основные технологические этапы при сборе, хранении и обновлении пространственных данных об автомобильных дорогах.

### Построение модели опорной сети дорог

Разработка и внедрение ГИС-технологий актуализирует задачу создания

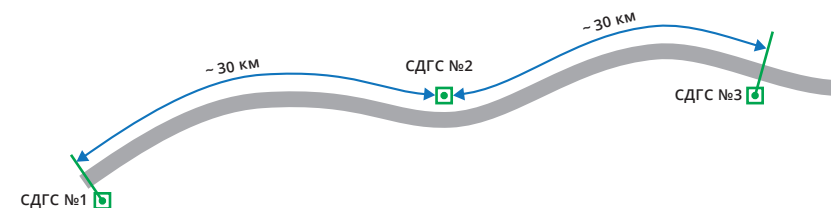


Рис. 1. Пример построения опорной сети

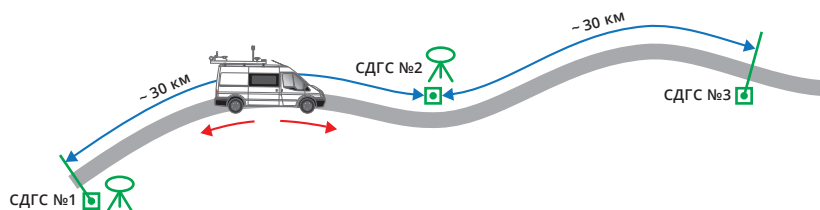


Рис. 2. Пример записи пространственной модели оси дороги

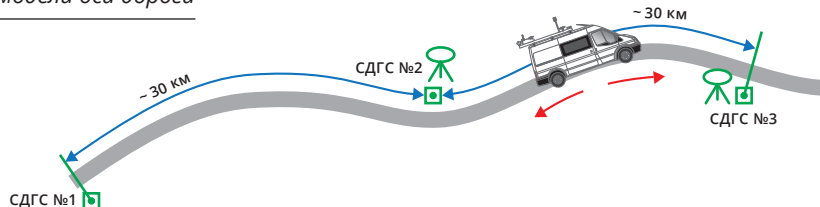


Рис. 3. Пример записи пространственной модели оси дороги по участкам

единого координатного пространства сети федеральных дорог. Это пространство планируется реализовывать посредством дифференциальной глобальной навигационной спутниковой системы (ДГНСС) в глобальной системе координат WGS-84.

Единое координатное пространство обеспечит широкий спектр инженерных дорожных работ: инженерные изыскания при проектировании строительства, реконструкции и ремонтов участков автомобильных дорог; диагностику, кадастр и инвентаризацию дорог и объектов на них; развёртывание диспетчерских систем пассажирского, грузового и технологического транспорта; организацию дорожного движения и мероприятия по безопасности движения.

### ПОСТРОЕНИЕ ОПОРНОЙ СЕТИ

Для реализации устойчивого и высокоточного режима ДГНСС вдоль федеральных дорог планируется заложение станций дорожной геодезической сети (СДГС). Базовые станции будут установлены с шагом не более 30 км друг от друга (рис. 1). Геодезическая

привязка станций должна обеспечивать точность 3-го класса сетей, с возможностью последующего сгущения сетей 4-го класса точности.

### ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ОСЕЙ УЧАСТКОВ ДОРОГ

Работы выполняются в дифференциальном режиме с использованием комплекта из трёх приёмников ГНСС. Два базовых приёмника устанавливаются на смежные станции ДГС, третий приёмник — на передвижную дорожную лабораторию (рис. 2). При этом проезды дорожной лаборатории выполняются таким образом, чтобы расстояние от подвижного приёмника до любого из базовых стационарных приёмников не превышало 30 км.

При выполнении работ на участках автомобильных дорог протяжённостью более 30 км всю дорогу предварительно разбивают на участки, назначая границы участков в зоне станций ДГС (рис. 3).

В результате выполнения полевых измерений и обработки полученных данных в режиме «пост-обработки» генерируются текстовые файлы, со-

держат массив координат в системе координат WGS-84, полученных в результате прямого и обратного проецирования.

На основании файла, содержащего координаты «помеченных» объектов, т.е. имеющих привязку не только в географической, но и в линейной системе координат — километраже, точкам основного массива координат осей участков автомобильных дорог присваивается четвёртая координата — километраж.

Полученные пространственные модели осей участков дорог являются основой — каркасом — для формирования цифровой модели автомобильной дороги с отображением в ГИС.

### **Сбор недостающих и уточнение существующих данных об элементах автомобильных дорог, искусственных сооружений, инженерного обустройства**

Для проведения оперативного обследования, автоматизированного измерения основных параметров автомобильных дорог наиболее эффективно использование дорожных лабораторий лазерного сканирования [7].

#### **ПОЛЕВОЙ ЭТАП**

В рамках полевого этапа выполняется съёмка системой мобильного лазерного сканирования и видеозапись. Данный вид полевых работ практически полностью заменяет традиционную исполнительную съёмку (кроме отдельных мест, не доступных для наблюдения с дороги, например под мостами).

Кроме того, отдельно производится обследование искусственных сооружений: мостов, путепроводов, водопропускных труб, тоннелей, эстакад, галерей и подпорных стенок. Для данных сооружений фиксируется местоположение, производится осмотр, обмер и документальное фотографирование, фиксируются дефекты, на основании которых определяется техническое состояние.

Также проверяется конструкция дорожной одежды — материал и толщины слоёв дорожной одежды.

#### **КАМЕРАЛЬНЫЙ ЭТАП**

На данном этапе производится обработка полевых данных: осуществляется оцифровка облаков лазерного сканирования [8], распознавание объектов и их характеристик.

Все материалы камеральной обработки, характеристики участков автомобильных дорог, параметры элементов, информация о существующем инженерном обустройстве заносится в информационную систему автомобильных дорог.

### **Создание цифровых ортофотопланов**

Завершающим этапом работы при первичном сборе данных является создание цифровых

ортофотопланов и векторной карты цифровой модели местности (ЦММ) на основе высокодетальной аэрофотосъёмки. При наличии высокоплотной лазерной съёмки автомобильной дороги в качестве альтернативы аэрофотосъёмки может использоваться космосъёмка.

Для летательного аппарата планируют маршрут полёта, опираясь на данные пространственной модели оси дороги. Аэрофотосъёмка осуществляется с высоты 500–1500 м, обеспечивающей захват местности в пределах границ придорожных полос, точность получения ортофотопланов и ЦММ в масштабе 1:2000 (1:1000).

---

**Отображение результатов запроса в стандартной табличной форме не всегда удобно для их анализа, в некоторых случаях удобнее анализировать данные по их геометрическому расположению.**

---

### **Применение ГИС при принятии управленческих и инженерных решений**

С точки зрения прикладного использования геоинформационной системы дорожной отрасли и пространственно-топологической базы дорожных данных можно выделить следующие сферы применения:

- создание тематических карт;
- выполнение запросов (пространственных и атрибутивных) и отображение результатов на картах;
- формирование отчётов и выходных форм;
- накопление и хранение всей технической информации.

Рассмотрим эти сферы применения.

#### **СОЗДАНИЕ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ**

Одной из важных функций геоинформационных систем является возможность автоматизированного создания тематических карт, способных отражать состояние дорожной сети с некоторой интересующей пользователя точки зрения. Используя различные настройки визуализации, можно получать различное отображение свойств автомобильных дорог на электронной карте. Например, можно отобразить различными цветами, стилевыми линиями, условными знаками автомобильные дороги в зависимости от их функциональной классификации, статуса, категории, типа покрытия, пропускной способности, аварийности, технико-эксплуатационного состояния и т.д.

Все перечисленные выше возможности создания отчётов по имеющимся в базе дорожным данным предназначены для улучшения обзорности и наглядности геометрических и атрибутивных параметров, облегчения процесса анализа информации при принятии управленческих решений, упрощения документооборота.

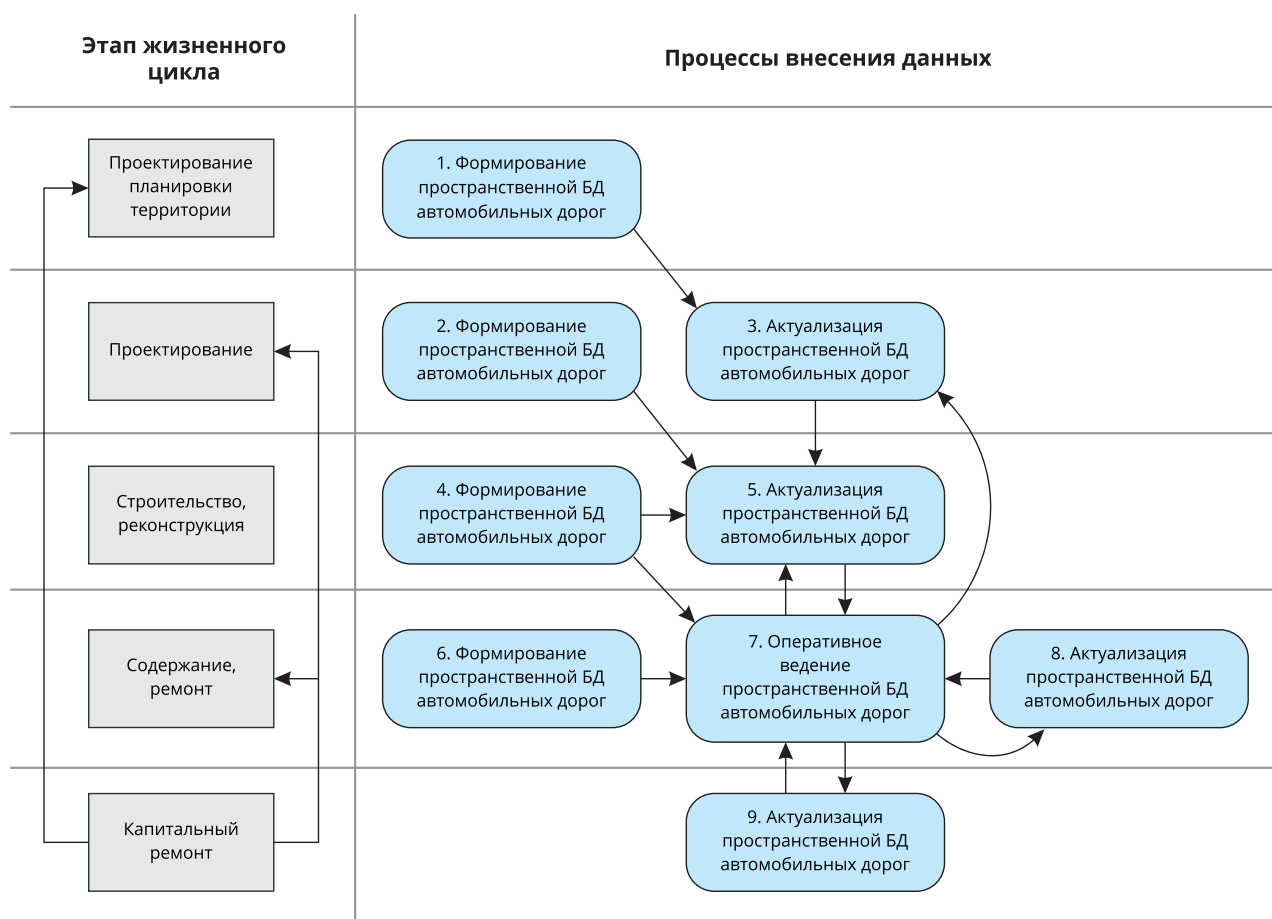


Рис. 4. Общая схема внесения данных на этапах жизненного цикла автомобильной дороги

#### ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАПРОСОВ И ОТОБРАЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НА КАРТАХ

Наряду с использованием стандартных отчётных форм, пользователю иногда требуется сформулировать некоторый нестандартный запрос к данным, позволяющий включить объекты в зависимости от значений тех или иных параметров, а также настроить сам список отображаемых параметров объекта.

Информационная система должна предоставить удобные в использовании средства для решения этой задачи, чтобы пользователь, не вникая в структуры и форматы хранения данных, смог сформулировать запрос, выполнить его, просмотреть результаты и выгрузить данные для печати. Кроме технических и паспортных характеристик, в качестве критерия для выборки должны использоваться такие параметры, как положение объекта на дороге, его балансовая принадлежность, обслуживающая организация, территориальное расположение объекта в субъекте федерации, административном районе, населённом пункте, категорийность дороги.

Отображение результатов запроса в стандартной табличной форме не всегда удобно для их анализа, в некоторых случаях удобней анализировать данные по их геометрическому расположению. С этой целью геоинформационная

система должна предоставить средства для отображения результатов запросов на карте. Одним из ставших уже распространёнными в геоинформационных системах средств является пространственный запрос. Такой запрос позволяет выделить объекты на карте, исходя из их взаимного геометрического расположения. Например, выделить объекты, попадающие (или пересекающие) некоторую указанную область, или выделить объекты, находящиеся не далее заданного расстояния от указанного объекта. Далее по списку выделенных таким образом объектов необходимо сформировать табличную ведомость с их параметрами.

Использование пространственных запросов должно стать мощным инструментом, позволяющим анализировать параметры дорожных объектов и дорожно-транспортной сети в целом.

#### ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЁТОВ И ВЫХОДНЫХ ФОРМ

Геоинформационная система дорожной отрасли должна позволять автоматически формировать всевозможные отчёты и ведомости, предусмотренные нормативными документами по паспортизации, инвентаризации, кадастровому учёту, диагностике, содержанию автомобиль-



ных дорог (ВСН 1–83 [9], ОДН 218.0.006–2002 [10] и др.).

Часть из этих отчётов должна представлять сводную информацию по дороге, территории, обслуживающей организации, субъекту федерации, органу управления. Наряду с текстовыми (табличными) отчётными формами, необходимо генерировать и отчёты, содержащие графическую информацию. Такие отчёты должны включать изображение дорожных объектов и придорожной полосы, подписи, гистограммы, таблицы. Это могут быть и линейные (спрямлённые) графики и участки дорог, ориентированные горизонтально, и фрагменты дорог в реальной геометрии.

Используемая в пилотном проекте инструментальная ГИС должна обеспечить функциональность, позволяющую реализовывать такие отчётные формы. Кроме того, в качестве отчётных документов могут использоваться и собственно распечатанные карты ГИС, содержащие схемы автомобильных дорог, дорожные объекты, другие топографические данные. Отчётные формы должны формироваться в некотором стандартном формате, позволяющем выполнять дальнейшую корректировку, передачу, публикацию и подготовку к печати. В качестве такого формата предлагается использование формата документов Microsoft Excel и Microsoft Word, а также OpenOffice.

#### НАКОПЛЕНИЕ И ХРАНЕНИЕ ВСЕЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Геоинформационная система дорожной отрасли и пространственно-топологическая база дорожных данных должна использоваться во всех отделах, связанных с управлением техническими работами на автомобильных дорогах в качестве основной системы накопления и хранения всех инженерных данных. Это, в первую очередь:

- отделы содержания и эксплуатации автомобильных дорог и ИССО;
- диспетчерские центры управления работами подрядчиков;
- отделы капитального строительства и реконструкции;
- отделы ремонтов;
- технические отделы и отделы по контролю за качеством работ.

**Для обеспечения сохранности данных в процессе внесения изменений в пространственную базу данных автомобильных дорог должна быть предусмотрена система прав доступа.**

Помимо данных отделов, для упорядочения ведения балансов и иных фискальных целей геоинформационной системой целесообразно пользоваться следующим подразделением:

- отдел имущественных отношений и землепользования;
- бухгалтерия.

Кроме того, для повышения оперативности и качества принимаемых решений геоинформационную систему целесообразно использовать при планировании развития сети автомобильных дорог, при территориальном планировании, в управлении проектами и при создании проектов планировки придорожной полосы.

### Процессы работы с ГИС на этапах жизненного цикла автомобильных дорог

Процессы внесения данных на разных этапах жизненного цикла автомобильной дороги отличаются друг от друга по видам вносимых данных и по их последовательности. Общая схема порядка выполнения работ по внесению данных на этапах жизненного цикла приведена на рисунке 4.

Обновление пространственной базы данных автомобильной дороги происходит постоянно в течение всего жизненного цикла автомобильной дороги.

Для обеспечения сохранности данных в случаях аппаратного или программного сбоя оборудования должны создаваться резервные копии базы данных не реже одного раза в сутки.

Для сокращения объёма хранимых резервных копий не менее одного раза в месяц необходимо создавать полную резервную копию базы данных, при этом допускается удаление ежесуточных резервных копий.

Для обеспечения сохранности данных в процессе внесения изменений в пространственную базу данных автомобильных дорог должна быть предусмотрена система прав доступа. Перед началом работы необходимо:

- для каждого пользователя создать пароль;
- сформировать группы пользователей;
- разграничить права доступа (просмотр, создание, удаление) к данным в соответствии с характером решаемых задач;
- воспользоваться функцией ведения журнала работ для отслеживания операций, производимых каждым пользователем в процессе работы с системой.

В силу административного и территориального распределения органов управления дорогой — пользователей системы — допускается нахождение базы данных на различных серверах.

Для поддержания актуальности данных на всех серверах должна выполняться их синхронизация с периодичностью не менее одного раза в сутки и, как правило, в ночное время, когда новые данные не вводятся и каналы связи не загружены.

### Заключение

Разработанный ОДМ «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Порядок сбора,

хранения и обновления данных» содержит рекомендации по порядку сбора, хранения и обновления данных в геоинформационных системах автомобильных дорог.

Он направлен на обеспечение поддержки в актуальном состоянии инженерных информационных систем автомобильных дорог, оперативного доступа к единому информационному пространству, своевременного предоставления непротиворечивых данных об автомобильных дорогах для поддержки принятия технических, технологических и управленческих решений.

Стандарт также содержит ряд требований к составу работ, методам их выполнения, а также к составу и форме представления информации, получаемой в ходе сбора и обработки инженерных дорожных данных.

Положения методического документа предназначены для применения учреждениями и организациями, создающими и использующими географические информационные системы автомобильных дорог общего пользования, базы и банки дорожных данных, а также автоматизированные системы обработки этих данных.

Разработка ОДМ выполнялась параллельно разработке проекта ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Общие технические требования» [15] и проекта ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Базовая модель данных» [16]. Для успешного применения разработанного ОДМ необходимо также введение в действие этих двух ГОСТов, в противном случае сложно обеспечить повторное использование собираемых данных в течение жизненного цикла автомобильных дорог. ■

#### Литература:

1. Федеральный закон от 08.11.2007 №257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 18.10.2007: одобр. Советом Федерации 26.10.2007 // Собрание законодательства РФ 12.11.2007, №46, ст. 5553.
2. Федеральный закон от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании»: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 15.12.2002 // Собрание законодательства РФ 30.12.2002, №52, ч. 1, ст. 5140.
3. ОДМ 218.1.001-2010 «Рекомендации по разработке и применению документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства».
4. ОДМ 218.1.002-2010 «Рекомендации по организации и проведению работ по стандартизации в дорожном хозяйстве».
5. ГОСТ Р ИСО 19113-2003 «Географическая информация. Принципы оценки качества».
6. EuroRoadS. Базовые требования к инфраструктуре дорожных данных в Единой Европе. Европейский проект по созданию инфраструктуры дорожных данных в 2006-2013 годах.
7. Сворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 8-11.
8. Сворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 12-21.
9. Сворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 22-32.
10. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 1-7.
11. Сарычев Д.С. Мобильное лазерное сканирование // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 36-41.
12. Сарычев Д.С. Обработка данных лазерного сканирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 16-19.
13. Типовая инструкция по техническому учёту и паспортизации автомобильных дорог общего пользования. ВСН 1-83. М.: Транспорт. 1983.
14. ОДН 218.0.006-2002 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог. М.: Транспорт, 2002.
15. Сворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 47-54.
16. Сарычев Д.С., Сворцов А.В. Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 98-102.

# Эксплуатация автомобильных дорог: пути автоматизации

Полторацкий В.Е., генеральный директор ООО «НИИ Прикладной Телематики»  
Кандауров А.А., к.т.н., зам. ген. директора ООО «НИИ Прикладной Телематики» по научной работе  
Репин Ю.А., руководитель департамента ООО «НИИ Прикладной Телематики»  
Шульгин Г.К., к.э.н., начальник отдела «НИИ Прикладной Телематики»

*Статья посвящена проблемам автоматизации процессов контроля состояния сложных инженерных сооружений и прилегающих оползнеопасных геомассивов с использованием современных технологий в интересах организаций, эксплуатирующих объекты автодорожной инфраструктуры.*

Для Российской Федерации с размерами её территории, разнообразием геологических и климатических особенностей требования к качеству эксплуатации сооружений, объектов автодорожной инфраструктуры и контролю прилегающих участков местности постоянно возрастают. Особое значение данные вопросы имеют по отношению к сооружениям, вплотную примыкающим или пересекающим как искусственные объекты промышленно-транспортной инфраструктуры, так и естественно-природные образования (реки, участки местности со сложным рельефом, оползнеопасными процессами, сейсмоактивностью и т.п.).

Современная автомобильная дорога представляет собой сложный комплекс, включающий в себя большое количество искусственных сооружений — мостов, эстакад, тоннелей и других сооружений, находящихся в ряде случаев в контакте с оползнеопасными геомассивами (рис. 1). Каждое из таких сооружений представляет собой инженерную конструкцию, эксплуатация которой с одной стороны является обязательным процессом обеспечения требуемого уровня безопасности применения, с другой стороны — сложным комплексом организационно-технических мероприятий поддержания технического состояния, обеспечивающего этот уровень безопасности, а также заданные характеристики качества обеспечения транспортных процессов.

Современный процесс эксплуатации искусственных сооружений автотранспортной инфраструктуры построен по планово-предупредительному принципу. Он подразумевает организацию плановых (как правило, ежегодных) обследований состояния сооружений с измерением параметров состояния ключевых узлов конструкции. Такие обследования требуют привлечения на коммерческой основе специализированных организаций. На основании их отчётов эксплуатирующая организация планирует и осуществляет мероприятия по предупреждению развития негативных для конструкции и потенциально опасных для осуществления транспортных процессов мероприятий.

Такая система, несмотря на её многолетнюю практическую отработанность, обладает серьёзными недостатками. Длительные периоды отсутствия полноценных данных о целостности и напряжённо-деформирующем состоянии



Рис. 1. Дорожное полотно после оползня



элементов конструкции, а также смещениях фрагментов прилегающих оползнеопасных геомассивов и деформаций противооползневых сооружений на самой ранней и потому наиболее важной стадии их развития не позволяют своевременно принимать меры по предупреждению возникновения и развития негативных процессов в конструкции дорожных сооружений. А использование данных периодических обследований приводят к планированию и проведению заведомо более затратных мероприятий по поддержанию их технико-эксплуатационного состояния.

Разрешению указанных противоречий служит система эксплуатации «по фактическому состоянию» объекта. Её организация основывается на построении и применении автоматизированной системы непрерывного дистанционного контроля значений параметров смещений и напряжённо-деформирующего состояния элементов конструкции дорожного сооружения и фрагментов прилегающего оползнеопасного геомассива на основе применения измерительных и датчиковых приборов различных физических принципов (рис. 2). Данные такой системы позволяют специалистам эксплуатирующей сооружение организации обнаруживать негативные процессы на самой ранней стадии их возникновения, что особенно важно в отношении геомассивов и противооползневых сооружений, для которых характерен «лавиный» характер нарастания.

Очевидная на первый взгляд «затратность» оснащения сооружений и геомассивов автоматизированной аппаратурой контроля состояния при детальном анализе с лихвой компенсируется её преимуществами непрерывности контроля и возможностью своевременного и адекватного воздействия на выявляемые процессы. Особенно заметным преимуществом указанного принципа становятся на существенном периоде применения.

Так, по расчётам специалистов МАДИ, выполненным в 2012 году и подтверждённым заключением Института системного анализа РАН, применение таких систем на сооружениях и оползнеопасных геомассивах автомобильных дорог одного из наиболее проблемных с точки зрения возведения, эксплуатации и обеспечения безопасности объектов автотранспортной инфраструктуры причерноморского региона может дать положительный эффект от их применения уже на третьем году эксплуатации, а на пятом может дать до 30% экономии средств, затрачиваемых на планово-предупредительную эксплуатацию.

Наиболее «заметными» современными примерами создания и применения таких систем являются мост через залив Гонконга в КНР и мост на остров Русский во Владивостоке. Однако данные сооружения относятся к категории уникальных. Для анализа данных их состояния построены специальные вычислительные центры со штатами специалистов. Такой подход заведомо неприемлем для большого перечня типовых сооружений, где эксплуатирующим организациям необходим совсем иной уровень автоматизации процессов контроля, обеспечивающий работу диспетчерского персонала, не обладающего специальной подготовкой для оперативного анализа потока данных мониторинга с нескольких десятков, а то и сотен датчиков и измерителей с одного из нескольких подконтрольных объектов.

Эта задача должна решаться, во-первых, применением в указанных системах «интеллектуальных» средств мониторинга процессов смещений и деформаций, во-вторых, построением системных программных комплексов в интересах автоматизации процедур фиксирования фактов выхода контролируемых параметров за критерияльно значимые пороговые значения в режиме «норма–тревога–авария», в третьих, обеспечением автоматизированного информацион-



Рис. 2. Оборудование контроля мостового сооружения



Рис. 3. Аппаратура ГНСС



Рис. 4. Трёхосный трещиномер на противооползневом сооружении

Система мониторинга, построенная на основе оптимального комплексирования указанных технологий, способна обеспечить надёжное измерение деформационных смещений с точностью менее 1 см в реальном времени и до нескольких миллиметров при постобработке.



Рис. 5. Скважный инклинометр на оползнеопасном геомассиве

ного обеспечения поддержки принятия решения дежурными службами организации-эксплуатанта. И всё это в комплексе должно обладать качеством тиражирования на обширный перечень объектов автодорожной инфраструктуры, находящихся на разных стадиях жизненного цикла и в разнообразных условиях эксплуатации, определяемых просторами нашей страны.

Максимальной эффективности решения указанных задач можно достигнуть только на основе комплексного применения технологий:

- заблаговременных топогеодезических и инженерно-геологических изысканий;
- высокоточного контроля позиционирования элементов сооружений объектов и прилегающих массивов;
- мониторинга состояния (смещения, ориентации, деформации, напряжения и т.п.) объекта и прилегающих массивов с привязкой соответствующих датчиков к точкам конструкций;
- автоматизированной обработки данных мониторинга, обеспечивающей надёжное и своевременное выделение критических процессов, прогнозирование состояния и его изменений;
- передачи данных о контроле состояния в заданном режиме диспетчерским службам.

На сегодняшний день достигнуты серьёзные результаты в каждом из отмеченных направлений, что делает возможным достаточно быстрое их использование по отдельности. Однако каждая из представленных технологий обладает недостатками и характерными ограничениями, делающими их самостоятельное применение недостаточно эффективным, а зачастую экономически неоправданным.

Система мониторинга, построенная на основе оптимального комплексиро-



Рис. 6. Оборудование контроля пролёта хостинской эстакады

вания указанных технологий, способна обеспечить надёжное измерение деформационных смещений с точностью менее 1 см в реальном времени и до нескольких миллиметров при постобработке.

Задача построения современной автоматизированной системы решается построением необходимых компонент, представляющих собой определенные виды обеспечения. Основу такой системы составляет аппаратно-программное обеспечение, в которое входят:

- специализированная навигационная аппаратура потребителей глобальных навигационных спутниковых систем (НАП ГНСС), ориентированная на задачи высокоточного мониторинга — автономная, автоматизированная, функционально адаптивная и конструктивно интегрированная (рис. 3);
- комплексные средства относительных измерений — тахеометры, инклинометры;
- интеллектуализированное оборудование измерения напряжённо-деформирующего состояния конструкций и фрагментов геомассивов — тензометры, акселерометры, трещиномеры (рис. 4) и т.п.;
- оборудование видеорегистрации обстановки;
- аппаратура регистрации состояния окружающей среды (метеомониторинг).

Высокоточное спутниковое позиционирование элементов конструкции сооружений и фрагментов прилега-



Рис. 7. Метеостанция

ющих оползнеопасных геомассивов обеспечивается ресурсами и возможностями орбитальных группировок ГНСС, постоянно наращивающих свои возможности.

Тахеометры позволяют определять расстояния, высоту, координаты объекта мониторинга по заранее установленным реперным точкам. При измерении отклонений элементов конструкции сооружений данным методом на объекте контроля размещают оптические отражатели и тахеометр на расстоянии 1–5 км от контролируемых объектов. Использование тахеометров существенно сокращает время по обработке измеренных данных и исключает ошибки при расчётах.

Инклинометры представляют собой прибор, измеряющий угол отклонения от вертикальной или горизонтальной оси относительно направления земного притяжения (рис. 5). Современные инклинометры позволяют непосредственно регистрировать угол наклона без применения сложных механических элементов.

Напряжённо-деформирующее состояние элементов конструкции измеряют тензометрами (датчиками силы), акселерометрами, трещиномерами (рис. 6). Тензометры могут быть установлены как на этапе возведения объекта контроля, так и в процессе эксплуатации для измерения осевых деформирующих напряжений. Акселерометры позволяют регистрировать колебания несущих элементов конструкции объекта, вызванные ди-



намическими нагрузками, например от автомобилей, сильного ветра, землетрясений. Трещиномеры позволяют измерять развитие трещин в поперечном или продольных направлениях при развитии сдвиговых процессов в элементах конструкции объекта.

Оборудование видеорегистрации, установленное на объекте, предназначено для визуального контроля причин выхода за заранее установленные пороги измерительными датчиками контролируемых параметров и может служить дополнительным информационным каналом при решении задач по безопасной эксплуатации объекта мониторинга.

Контроль метеорологических параметров осуществляется путём установки в районе объекта небольшой метеорологической станции, измеряющей такие параметры, как атмосферное давление, скорость и направление ветра, температуру окружающей среды, интенсивность атмосферных осадков (рис. 7).

Важнейшим видом обеспечения систем контроля является программное обеспечение, обеспечивающее решение следующих задач:

- автоматизированные сбор и регистрация данных мониторинга состояния сооружений контролируемых объектов;
- формирование сигналов предупреждения о событиях выхода за заранее установленные пределы допустимых значений параметров процессов деформаций и смещений элементов конструкции сооружений объектов и прилегающих геомассивов;
- автоматическое формирование и рассылка установленным пользователям регулярных сообщений о нахождении контролируемых параметров в заданных пределах или срочных протокольных донесений о фактах их превышения;
- автоматический контроль состояния и функционирования в заданных режимах комплексов технических средств контроля, установленных на объекте;
- управление режимами функционирования технических средств контроля, установленных на объекте.

К настоящему времени накоплен существенный опыт решения задач построения таких систем. Наиболее совершенным примером этого может служить решение, реализован-

ное в 2011–2013 годах по заказу Федерального дорожного агентства в части оснащения пилотных объектов автодорожной инфраструктуры на трассе М27 «Джубга-Сочи» в районе реки Хоста оборудованием аппаратно-программных комплексов (АПК) системы контроля деформаций и смещений (СКДС). В ходе проведения работ средствами системы были оснащены участки нижних и верхних подпорных сооружений, фрагмент эстакады с пятой по пятнадцатую опоры и диспетчерский пункт в инженерном корпусе Хостинского тоннеля. Комплекс технических средств системы включает:

- автоматизированный диспетчерский комплекс с системой автоматического формирования сигналов и сообщений о выходе контролируемых параметров за заранее установленные пределы в режиме «норма–тревога–авария»;
- более 20 монтажных шкафов;
- 6 двадцатипятиметровых скважин и 9 двухметровых шурфов для мониторинга состояния оползнеопасных участков геомассивов;
- 13 специализированных автономных вычислителей;
- 19 точек высокоточного спутникового позиционирования ГЛОНАСС/GPS;
- более 120 датчиков высокочувствительного мониторинга процессов деформаций и смещений сооружений эстакады, противооползневых стенок и прилегающих оползнеопасных участков геомассивов, которые установлены от глубины 25 м до высоты 17 м над уровнем земли;
- система электроснабжения всего оборудования АПК с возможностью гарантированного автономного электропитания в течение 15–30 часов;
- около 10 км кабельных трасс, включающих 2,5 км волоконно-оптической линии межобъектовой связи, более 3 км линий электропередач и около 3 км соединительных линий.

Со времени завершения монтажных и пусконаладочных работ (октябрь 2012 года) прошло 1,5

года, и всё это время оборудование АПК СКДС в целом подтвердило свою надёжность и эффективность.

Основной особенностью создаваемого решения является его способность к последующему наращиванию на основе унифицированного соединения «объектовый комплекс — диспетчерский комплекс», обеспечивающего тиражирование данного решения и построение на его основе многообъектовых систем — один диспетчерский комплекс в состоянии контролировать состояние до 20 удалённых от него объектов комплексов. На базе такого соединения возможно построение различной ёмкости локальных, региональных, корпоративных и ведомственных систем мониторинга, включая стратегические транспортные коридоры и узлы.

Контроль измеряемых параметров на предмет выхода за установленные пороговые величины может автоматизировано осуществляться как на объекте, так и на диспетчерском пункте (рис. 8). Контроль на объекте реализуется объектовым вычислительным устройством, к которому может быть подключено оборудование световой, звуковой сигнализации для информирования о сложившейся внештатной ситуации на объекте. Выход контролируемых параметров за установленные пороговые значения на автоматизированном рабочем месте диспетчера осуществляется специализированным программным обеспечением, которое позволяет в автоматическом режиме отсылать на заранее заданные адреса сообщения о тревожной, опасной ситуации на объекте мониторинга, выводить на экран диспетчера детальную справочную информацию о техническом состоянии объектов мониторинга, осуществлять алгоритмическую

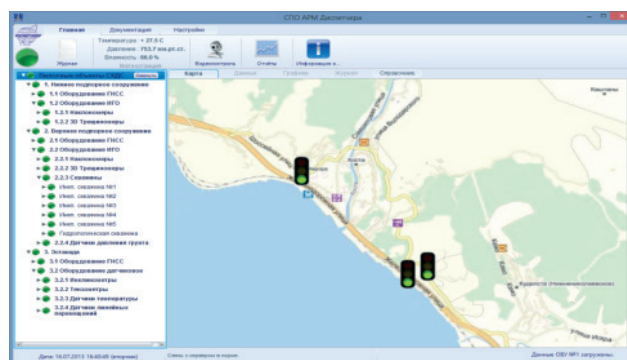


Рис. 8. Экранная форма программного обеспечения по контролю за состоянием инженерных сооружений



Основной особенностью создаваемого решения является его способность к последующему наращиванию на основе унифицированного соединения «объектовый комплекс — диспетчерский комплекс»

поддержку принятия решений и протоколирование предпринимаемых действий.

Высокий уровень адаптивности информационного потока, требуемого для реализации этого интерфейса, обеспечивается автоматизацией обработки всей датчиковой и измерительной информации в объектовом вычислительном устройстве и оперативной передачей только сигналов интегральной оценки состояния объекта по принципу «норма–тревога–авария» с указанием кода датчика или измерителя, «выдавшего» тревожную или аварийную информацию. При этом полный поток измерительной информации с объекта в нештатной ситуации будет передаваться по запросу диспетчера, а при нормальном состоянии объекта — в наиболее благоприятное с точки зрения загруженности каналов связи время суток.

В настоящее время Министерством транспорта РФ задаются НИОКР в рамках Федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012–2020 годы», проводятся НИОКР по созданию автоматизированных систем контроля состояния грунтов («Геодинамика–Дорога») и деформаций и смещений искусственных сооружений («Геодинамика–Мост») на автомобильных дорогах с использованием спутниковых навигационных технологий ГЛОНАСС/GPS. Данные работы посвящены решению проблемы получения системотехнических решений, тиражируемых на объектах автодорожного комплекса по всей территории страны.

По сравнению с АПК СКДС трассы 194–196 км М27 «Джубга–Сочи» предполагаемые к созданию в указанных ОКР системы обладают рядом отличий, к основным из которых относятся:

- иерархическая структура систем, обеспечивающая представление информации о состоянии объектов для организаций всех уровней управления инфраструктурой автодорожного комплекса страны вплоть до федерального уровня;

- возможность применения АПК систем на всех стадиях жизненного цикла объектов автодорожной инфраструктуры от проектно-изыскательских работ, строительства и испытаний объектов до их эксплуатации и обеспечения работ по поддержанию технико-эксплуатационного состояния вне зависимости от их текущего состояния;

- обеспечение вариативности состава измерительного и датчикового оборудования объектового уровня систем с возможностью его оперативного изменения в зависимости от этапа стадии жизненного цикла контролируемого объекта;

- построение комплексов высокоточного позиционирования по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS в различных вариантах обработки данных позиционирования, адаптируемых под условия размещения контролируемых объектов и диспетчерских служб организаций-эксплуатантов;

- широкое применение технологий 3D цифрового математического моделирования, дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и ГИС-технологий;

- обеспечение возможности текущей оценки интегрального состояния объекта по заданным критериям уровня технического состояния (УТС) и уровня безопасности (УБ) и с использованием корреляционных функций различных физических процессов в конструкции сооружения;

- децентрализованного построения системы энергообеспечения на основе использования энергосберегающих технологий вплоть до автономного электропитания оборудования;

- применение беспроводных систем информационного обмена как на объекте контроля, так и на межобъектовых (межуровневых) интервалах систем.

В ходе выполнения указанных этапов НИР были выработаны четырёхуровневые структуры систем с организацией верхнего (ведомственного) уровня непосредственно в Росавтодоре.

Разработанными проектами ТЗ на выполнение ОКР по созданию систем

предусмотрено построение нижнего (объектового) уровня в составе стационарного и мобильного комплексов с распределением функциональных задач мониторинга состояния автодорожных объектов, противооползневых сооружений и прилегающих участков оползнеопасных геомассивов на всех стадиях жизненного цикла сооружений автодорожной инфраструктуры от проектно-изыскательских работ, строительства и испытаний объектов до их эксплуатации и обеспечения работ по поддержанию технико-эксплуатационного состояния.

Выполнение указанных ОКР в заданные ФЦП ГЛОНАСС сроки позволит получить решения, пригодные для тиражирования в ходе выполнения мероприятий по оснащению объектов автодорожной инфраструктуры страны, выполнение которых предусмотрено ФЦП ГЛОНАСС в период с 2017 по 2020 годы. ■

#### Литература:

1. Билялова Л.Р., Казакова Э.В., Ситшаева З.З. Техническая организация автоматизированной системы мониторинга оползневых процессов // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета, Выпуск 36, Технические науки. Симферополь: НИЦ КИПУ. 2011. С. 121–126.
2. Осипов В.И., Кутепов В.М., Зверев В.П. и др. Опасные экзогенные процессы / Под ред. В. И. Осипова. М.: ГЕОС. 1999. 290 с.
3. Шарапов Р.В. Мониторинг экзогенных процессов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2012. №2. С. 39–42.

# Учёт гарантийных обязательств на выполненные работы в ГИС IndorRoad

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

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

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

*В статье подчёркивается важность учёта гарантийных обязательств на работы, выполненные в процессе строительства, реконструкции и ремонта автомобильной дороги, рассматриваются средства ГИС, позволяющие вносить в базу данных сведения о гарантийных сроках, а также инструменты для поиска и анализа существующих гарантий при возникновении гарантийных случаев.*

## Введение

Особое место в дорожной деятельности занимают мероприятия по строительству, реконструкции, капитальному ремонту и ремонту автомобильных дорог. Осуществление этих мероприятий во многом определяет соответствие характеристик автомобильной дороги транспортно-эксплуатационным показателям, заложенным на этапе проектирования. Однако в процессе эксплуатации автомобильной дороги происходит множество событий, влияющих на основные параметры и характеристики, формирующие транспортно-эксплуатационное состояние дороги, которое, в свою очередь, определяет безопасность движения, экономическую эффективность обслуживания дороги и качество услуг, предоставляемых пользователям дороги. Поэтому крайне важно, чтобы на этапах строительства, реконструкции или ремонта автомобильной дороги все работы были выполнены с должным качеством.

Не секрет, что довольно часто строительные и ремонтные работы выполняются с нарушением технологического процесса и существующих норм, и во многих случаях уже в следующий ремонтный сезон после выполнения очередного ремонта состояние, например, дорожного покрытия становится неудовлетворительным. Более того, во многих регионах России такое состояние дел постепенно стало привычным и даже объясняется «особыми» климатическими и гидрологическими условиями.

Одной из мер повышения заинтересованности и ответственности подрядных организаций в качестве производимых ими работ является назначение гарантийных сроков на выполненные работы. Если участок дороги (или его конструктивный элемент, средство обустройства, искусственное сооружение) пришёл в негодность (т.е. перестал соответствовать предъявляемым требованиям) в течение гарантийного срока, то его ремонт должен производиться за счёт подрядчика.

На сегодняшний день требования к качеству строительства и ремонта дорог и гарантийные обязательства подрядчиков прописываются в документах при заключении договора на строительство или ремонт. Данный вопрос регулируется лишь распоряжением Минтранса РФ от 07.05.2003 N ИС-414-р «О введении в действие гарантийных паспортов на законченные строительством, реконструкцией, капитальным ремонтом и ремонтом автомобильные дороги и искусственные сооружения на них» [1].

Однако в начале 2013 года в Государственную Думу Российской Федерации внесён законопроект, регламентирующий установление гарантийных сроков на законченные строительством, реконструкцией, капитальным ремонтом, ремонтом участки автомобильных дорог, искусственные сооружения, средства обустройства, а также подходы к искусственным сооружениям [2]. В законопроекте однозначно определяется понятие гарантийного срока — это «период

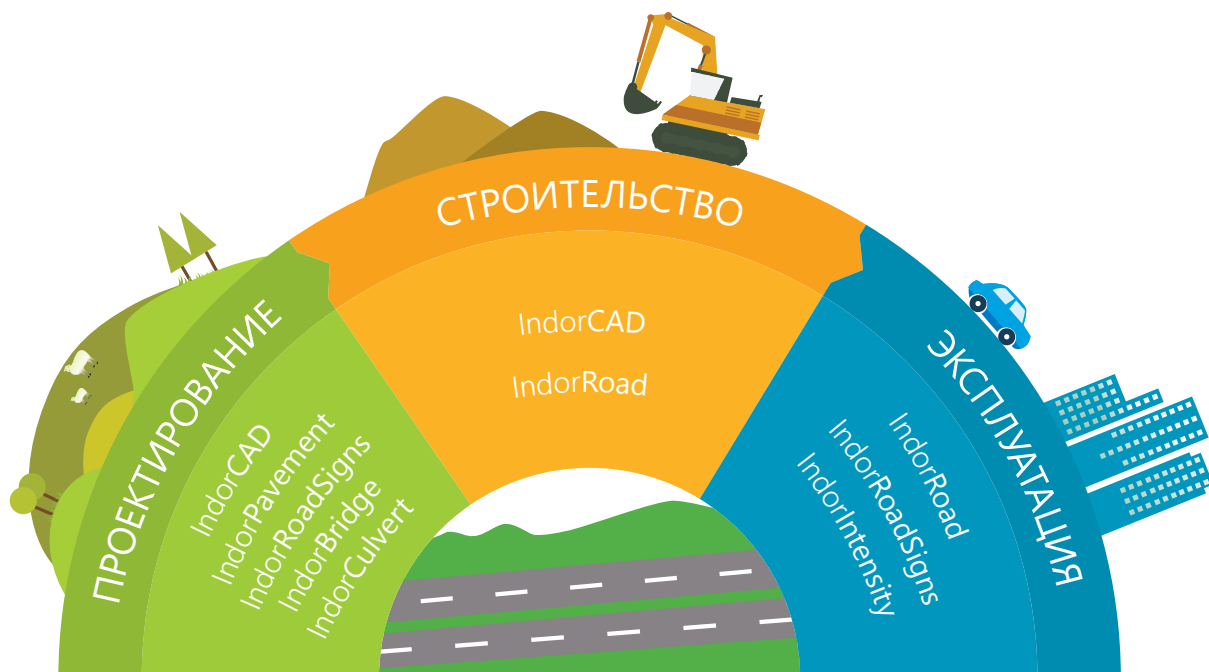


Рис. 1. Поддержка жизненного цикла автомобильных дорог программными продуктами «ИндорСофт»

времени, в течение которого подрядчик, выполнивший работы по строительству, реконструкции, капитальному ремонту, ремонту участка автомобильной дороги либо искусственного сооружения, обеспечивает заказчику их соответствие предъявляемым требованиям к качеству таких работ» [2]. Кроме того, однозначно определяются гарантийные сроки на участки дороги, искусственные сооружения и другие элементы дороги:

- для земляного полотна — от 10 лет;
- для основания дорожной одежды — от 7 лет;
- для нижнего слоя покрытия — от 5 лет;
- для верхнего слоя покрытия: капитального и облегченного усовершенствованного типа — от 4 лет; переходного и низшего типов — от 3 лет.
- для искусственных сооружений — от 8 лет;
- для мостов, путепроводов, тоннелей, эстакад — от 8 лет;
- для водопропускных труб — от 6 лет;
- для регуляционных сооружений — от 6 лет.

Этот факт ещё раз подчёркивает важность применения механизма гарантийных обязательств для повышения заинтересованности подрядчиков в том, чтобы строить хорошие дороги с использованием качественных материалов, соблюдением всех необходимых технологий и требований. Однако усовершенствование законодательной базы в этом вопросе — это лишь основа для изменения сложившейся ситуации в лучшую сторону. Важно, чтобы у эксплуатирующих организаций были удобные инструменты для учёта и контроля исполнения гарантийных обязательств. Такие возможности могут предоставить современные геоинформационные системы для управления процессом эксплуатации автомобильных дорог.

## ГИС автомобильных дорог IndorRoad

Геоинформационная система IndorRoad разрабатывается компанией «ИндорСофт» уже более десяти лет [3]. Основное назначение системы — это учёт, паспортизация и управление эксплуатацией автомобильных дорог. В линейке программных продуктов компании «ИндорСофт», направленных на поддержку жизненного цикла автомобильных дорог, данная система занимает ключевое место (рис. 1).

Система IndorRoad применяется в органах управления дорожным хозяйством всех уровней (федеральном, территориальном, муниципальном). Систему можно использовать как для управления сетью автомобильных дорог, так и городской улично-дорожной сетью.

Использование геоинформационной системы в управлении процессом эксплуатации дороги позволяет своевременно вносить и оперативно получать сведения о гарантийных обязательствах подрядных организаций. При возникновении гарантийного случая (обнаружении дефектов на участке строительства или ремонта до истечения гарантийного срока) система может помочь соответствующим службам выявить наличие гарантийных обязательств на отдельные объекты, их конструктивные элементы и определить подрядчика, выполнявшего соответствующие работы.

Возможности для работы с гарантийными обязательствами появились в том числе благодаря тесному сотрудничеству со специалистами Государственной компании «Российские автомобильные дороги», которые уже успешно используют их на Федеральной автомобильной дороге М-4 «Дон».



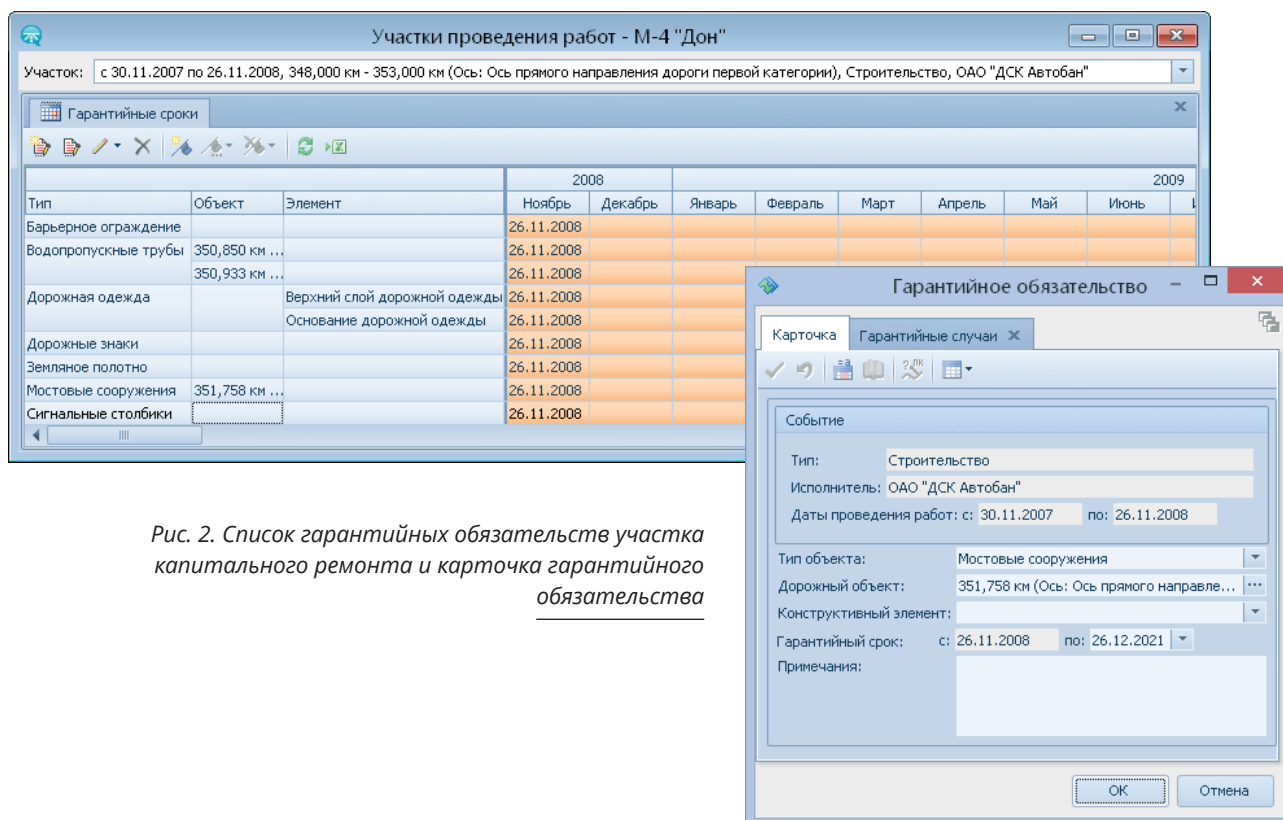


Рис. 2. Список гарантийных обязательств участка капитального ремонта и карточка гарантийного обязательства

### Ведение информационной базы по гарантийным обязательствам и контроль исполнения гарантийных обязательств

При вводе данных о выполненных работах в ходе строительства, реконструкции или ремонта вносится информация о гарантийных обязательствах, возникших в результате выполнения этих работ, и сроках их действия. В подробном описании каждого гарантийного обязательства можно увидеть тип дорожного объекта и типы конструктивных элементов, на которые распространяется гарантия, а также период действия гарантийного срока и подрядную организацию, выполнявшую работы (рис. 2).

Гарантийные обязательства, действующие на автомобильную дорогу, анализируются в специальной сводной таблице. В ней могут быть отображены гарантийные сроки на несколько автомобильных дорог, на одну дорогу или только на выбранный участок дороги. Таблица показывает все события, которые привели к возникновению гарантийных обязательств, например, строительство дороги, капитальный ремонт и пр. Кроме того, гарантий-

ные обязательства могут распространяться на отдельные конструктивные элементы дорожного объекта (например, верхний слой дорожной одежды или основание дорожной одежды) и это наглядно представлено в таблице (рис. 3). Для удобства восприятия гарантии, относящиеся к разным событиям, окрашены в различные цвета. При необходимости можно выбрать только одно событие и проанализировать все гарантийные обязательства, возникшие после выполнения работ в рамках этого события.

Возможность задания в таблице километражного положения на дороге позволяет в случае обнаружения дефектов быстро выяснить, действуют ли гарантийные обязательства на этом участке, а также получить сведения об участке выполнения работ и подрядчике, производившем работы.

Одной из важнейших задач в процессе контроля за исполнением гарантийных обязательств подрядчиками является выявление участков дороги, где в ближайшее время, например, в течение одного-двух месяцев, истекают гарантийные обязательства. Как правило, при этом планируются мероприятия по осмотру на предмет обнаружения дефектов, которые могли бы быть устранены за счёт средств подрядной организации.

В ГИС IndorRoad поиск таких участков дороги может выполняться в сводной таблице. Для этого достаточно настроить интересующий период времени — и можно будет увидеть все гарантийные обязательства, которые заканчиваются в этот период. Участок дороги, на котором проводились строительные или ремонтные работы, отображается при этом непосредственно на карте (рис. 4).

### Фиксация и анализ гарантийных случаев

Контроль за исполнением гарантийных обязательств был бы неполным без подробной информации о возникших в процессе эксплуатации автомобильной дороги гарантийных случаях и о ходе их устранения. Эта информация позволяет эксплуатирующим организациям сделать важные выводы о транспортно-эксплуатационном состоянии различных дорожных объектов и всей дороги в целом, а также о качестве производимых разными подрядчиками работ и их ответственности за результаты своей работы.

Гарантийным случаем считается несоответствие установленным нормам, выявленное на участке дороги или сооружении, у которого ещё не истёк период действия гарантийного обязательства. Гарантийные случаи могут

Гарантийные сроки - М-4 "Дон"

Действующие в период: с: 01.01.2014 по: 31.12.2015

Вся автомобильная дорога: с: 2+0287,00 по: 2+0287,00

Ремонт 18.08.2013 – 28.02.2014, ОАО "ДСК Автобан" (гарантия с 28.02.2014)

Строительство 30.11.2007 – 26.11.2008, ОАО "ДСК Автобан" (гарантия с 26.11.2008)

| Тип                  | Объект                               | Элемент                      | Январь     | Февраль    | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь     | Декабрь | Январь |
|----------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------|------------|------|--------|-----|------|------|--------|----------|---------|------------|---------|--------|
| Водопропускные трубы | 350,850 км (Ось: Ось прямого нап...) |                              | 26.11.2008 |            |      |        |     |      |      |        |          |         |            |         |        |
|                      | 350,933 км (Ось: Ось прямого нап...) |                              | 26.11.2008 |            |      |        |     |      |      |        |          |         |            |         |        |
| Дорожная одежда      | Все на участке с 348,00 км по 349... | Верхний слой дорожной одежды |            | 28.02.2014 |      |        |     |      |      |        |          |         |            |         |        |
|                      | Все на участке с 348,00 км по 353... | Верхний слой дорожной одежды | 26.11.2008 |            |      |        |     |      |      |        |          |         | 26.11.2014 |         |        |
|                      |                                      | Основание дорожной одежды    | 26.11.2008 |            |      |        |     |      |      |        |          |         |            |         |        |
| Дорожные знаки       | Все на участке с 348,00 км по 353... |                              | 26.11.2008 |            |      |        |     |      |      |        |          |         | 26.11.2014 |         |        |
| Земляное полотно     | Все на участке с 348,00 км по 353... |                              | 26.11.2008 |            |      |        |     |      |      |        |          |         |            |         |        |
| Мостовые сооружения  | 351,758 км (Ось: Ось прямого нап...) |                              | 26.11.2008 |            |      |        |     |      |      |        |          |         |            |         |        |
| Обочины              | Все на участке с 348,00 км по 349... |                              |            | 28.02.2014 |      |        |     |      |      |        |          |         |            |         |        |
| Сигнальные столбики  | Все на участке с 348,00 км по 353... |                              | 26.11.2008 |            |      |        |     |      |      |        |          |         | 26.11.2014 |         |        |

Рис. 3. Сводная ведомость гарантийных обязательств

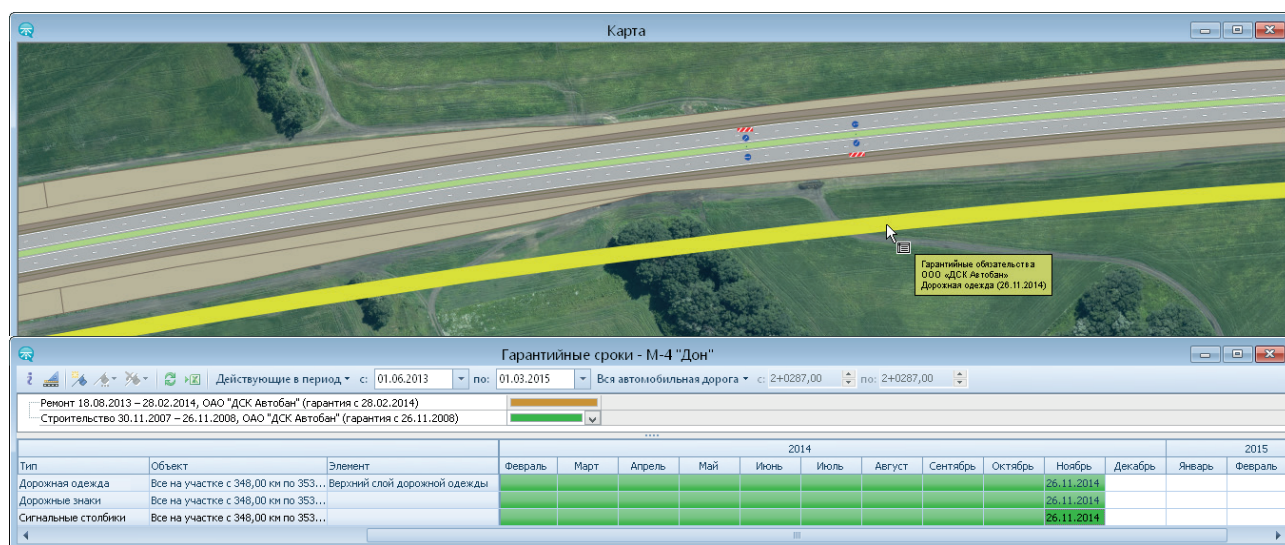


Рис. 4. Список гарантийных обязательств, срок которых скоро истекает, и их отображение на карте

быть обнаружены как в ходе выполнения работ по диагностике, так и в ходе плановых осмотров перед окончанием гарантийных сроков. В системе IndorRoad каждый гарантийный случай создается в рамках действующего гарантийного обязательства и может быть связан с обнаруженным дефектом участка диагностики. В календаре сводной таблицы гарантийные случаи отображаются в виде «флажков». Цвет флажка позволяет быстро определить, устранён подрядчиком обнаруженный дефект или нет (рис. 5).

Для обобщённого анализа сведений о гарантийных случаях предусмотрена сводная таблица, в которой отображаются все гарантийные случаи по одной или нескольким автомобильным дорогам. Она позволяет получать различные статистические данные по возникшим и устранённым гарантийным случаям. Например, можно вывести в таблицу только неустранённые дефекты с целью планирования мероприятий по их ликвидации, или же

сгруппировать случаи по подрядным организациям, чтобы получить представление о качестве работ, выполненных разными подрядчиками.

### Визуальный анализ гарантийных обязательств на карте дорог

Важное преимущество использования геоинформационных систем в процессе эксплуатации автомобильных дорог — возможность визуального представления на карте различных данных. Не являются исключением и гарантийные обязательства. Система позволяет отобразить на карте действующие гарантийные обязательства и при необходимости сразу получить по ним исчерпывающую информацию.

Как правило, на одном участке автомобильной дороги одновременно могут действовать несколько гарантийных обязательств, распространяющихся на различные элементы дороги

или выданные разными подрядными организациями. Поэтому для визуального анализа удобнее отображать на карте гарантийные обязательства по выбранному дорожному объекту. На рисунке 6 представлены гарантийные обязательства, действующие в данный момент на дорожное покрытие. Жёлтым цветом отображается обязательство, которое заканчивается в ближайшие два месяца. Если навести указатель мыши на гарантийный срок, то в подсказке можно увидеть подробную информацию по нему: событие, подрядную организацию, период действия гарантийного обязательства.

На карте отображаются также и гарантийные случаи. Красным цветом показываются обнаруженные дефекты, по которым только предстоит выполнение работ, а зелёным — уже устранённые. Изучив визуальную информацию, представленную на карте (рис. 6), можно сделать вывод о том, что в период действия гарантийного обязательства был выявлен гарантий-

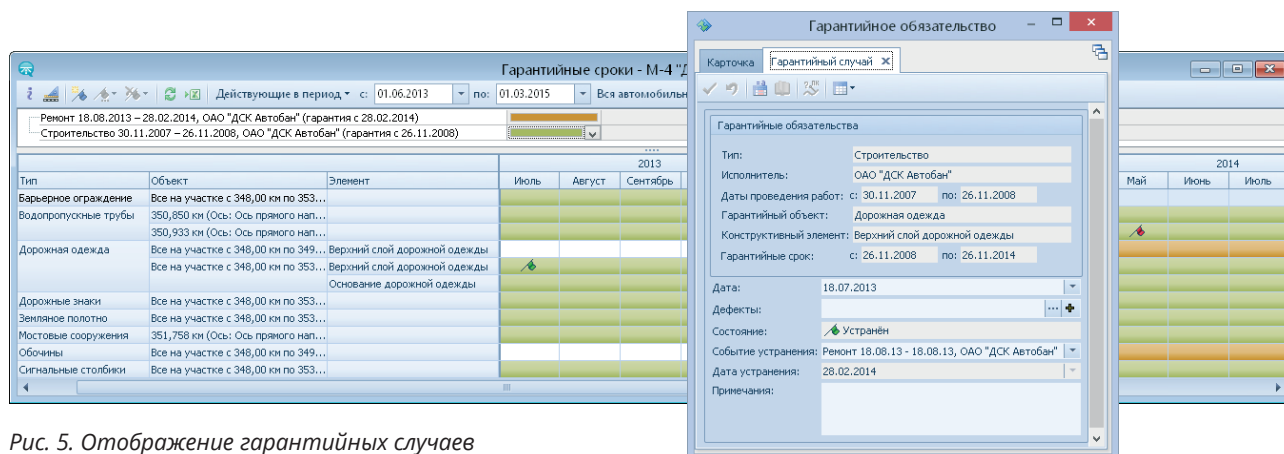


Рис. 5. Отображение гарантийных случаев

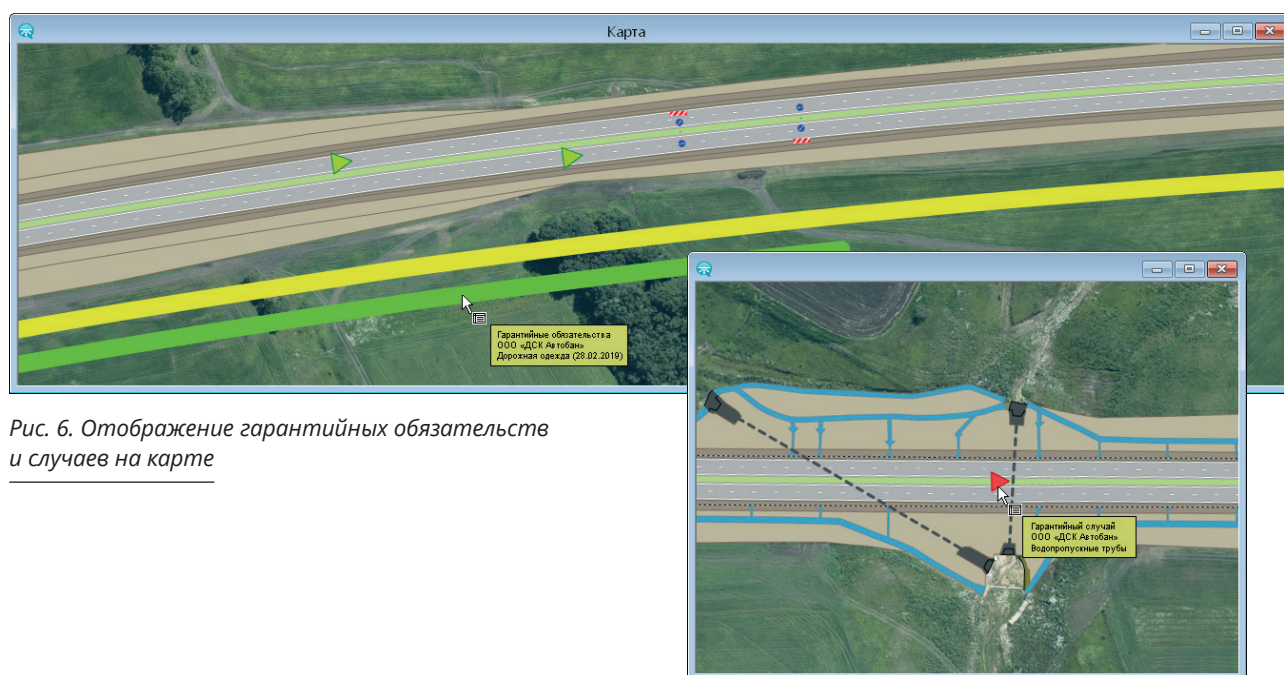


Рис. 6. Отображение гарантийных обязательств и случаев на карте

ный случай — дефекты дорожного покрытия. Этот гарантийный случай был устранён в ходе проведения ремонтных работ на участке дороги, и после проведения ремонта на этот участок было выдано новое гарантийное обязательство.

## Выводы

Повышение качества строительных и ремонтных работ возможно при комплексном принятии мер как со стороны государства, так и со стороны эксплуатирующих и подрядных организаций, а также разработчиков программного обеспечения для управления жизненным циклом автомобильной дороги. Современные геоинформационные системы, используемые при управлении процессом эксплуатации автомобильной дороги, должны предоставить пользователям возможности для полного и своевременного получения сведений о гарантийных обязательствах и гарантийных случаях. А это, в свою очередь, должно

повлиять на качество принимаемых управленческих решений и, в конечном итоге, привести к повышению технико-эксплуатационных характеристик автомобильной дороги и безопасности движения по ней. ■

## Литература:

1. Распоряжение Минтранса РФ от 07.05.2003 N ИС-414-р «О введении в действие гарантийных паспортов на законченные строительством, реконструкцией, капитальным ремонтом и ремонтом автомобильные дороги и искусственные сооружения на них».
2. Законопроект №212549-6 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая)».
3. Субботин С.А., Скачкова А.С. ГИС автомобильных дорог IndorRoad. Новая версия // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 55–59.





Персона:  
Скворцов  
Олег Вячеславович



# Дорогу осилит идущий

Персона: Скворцов О.В., президент Ассоциации «РОДОС» (г. Москва)

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

*Каждому дан выбор от Бога  
Двигаться вверх или падать вниз.  
Я выбираю свою дорогу,  
Моя дорога длиною в жизнь.*

Сегодняшний гость нашего журнала — **Олег Вячеславович Скворцов**. Если уложить в три слова его профессиональный путь в дорожной отрасли, то эти слова будут все с большой буквы: **Инженер, Руководитель, Учёный**.

Даже по краткой биографии чувствуется насыщенность и осмысленность его жизни:

1970 г. — диплом МАДИ по специальности «Инженер-строитель мостов и тоннелей» и работа мастером в дорожной организации;

1972 г. — офицер инженерных дорожных войск Советской армии;

1974 г. — институт «ГипроДорНИИ» и путь от старшего инженера до главного инженера института;

1991 г. — работа на руководящих должностях в Министерстве транспорта РСФСР (РФ) в период становления дорожного хозяйства в новых экономических условиях, в том числе — представитель РСФСР (РФ) в различных международных профессиональных организациях;

2000 г. — заместитель министра транспорта РФ;  
2004 г. — возвращение к любимой проектной деятельности — генеральный директор родного института «ГипроДорНИИ».

С 2006 года Олег Вячеславович Скворцов — действительный государственный советник 2-го класса, лауреат премии Совета Министров СССР, заслуженный строитель РФ, почётный работник транспорта, почётный дорожник России (можно долго продолжать...) — активно работает в профессиональных общественных организациях разного уровня. И, главное, он последовательно формирует предложения и разрабатывает основы нормативно-правовой базы дорожной деятельности, эффективно взаимодействуя с на-



Участники интервью:  
Бойков В.Н. и Скворцов О.В.

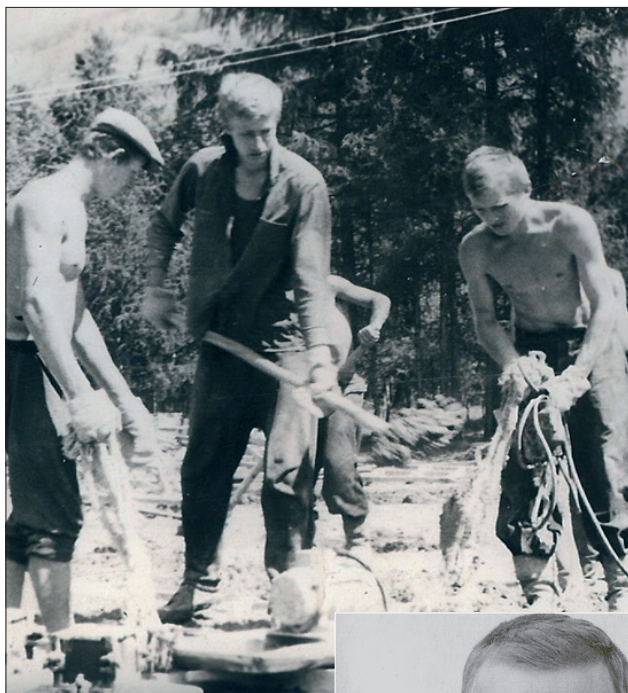
учным, профессиональным и законодательным сообществами.

Ух, получилось хоть и красиво, но как-то высокопарно и сухо... Чтобы понять и оценить Олега Вячеславовича, надо его слушать и слышать. Перейдём лучше к живой речи Мастера, изложенной в формате интервью.

**Олег Вячеславович, в Ваших размышлениях о работе и людях чувствуются глубокие исторические экскурсы и причинно-следственные связи. Создаётся впечатление, что Вы — дорожник не в первом поколении.**

Да, один из моих дедов был военным инженером, а потом перешёл на гражданку — строил

Первые шаги  
в дорожной  
профессии



железные дороги. В то время, впрочем, как и сейчас, железные дороги требовали глубоких инженерных знаний, а к гужевым дорогам — автомобильных же ещё не было — требования были не столь высоки.

Мой отец и два дяди были известными путейцами и мостовиками. Отец закончил Институт путей сообщения имени Императора Николая II. И, что характерно, подписывая свои проекты, в том числе по дороге Москва — Минск, он никогда не ставил учёную степень, а писал — «Инженер Скворцов В.М.». Заметь, «Инженер» с большой буквы. А сейчас — бакалавры, магистры, что это(?), где преемственность школ? У меня сохранилась отцовская, как тогда называлась, предметная книжка — уникальный документ! Гидрологию вёл Белолубский Н.И., деревянные мосты — Журавский Д.А., помнишь мосты с фермами Гау-Журавского? Это те самые наши научные столпы и светочи, формулы и расчётные схемы, которые мы до сих пор применяем в инженерной практике.

**Я знаю многие мосты, Вами запроектированные или построенные. Взять хотя бы мост через р. Обь — гордость нашей Томской области, но к нему ещё вернемся... А есть ли сооружения, которые памятли Вам как творения Вашего отца — Вячеслава Михайловича?**



Лейтенант инженерных дорожных  
войск Советской армии

Ну конечно! Москворецкий мост, гараж для товарища Сталина на Каретном ряду, канал имени Москвы — практически все мосты через него запроектированы с участием отца, тоннель под этим каналом на Волоколамском шоссе — уникальное по тем временам сооружение, он им очень гордился. Его призвали на фронт утром 22 июля 1941 года прямо с дачи под Москвой, вернулся домой в конце 45-го.

**Лидер советский дорожной науки — Бабков Валерий Фёдорович — после войны по долгу службы долго был занят анализом нормативной документации поверженной Германии. Вы — сегодняшний инициатор качественного изменения нормативной базы дорожной отрасли — долго работали в международных дорожных организациях. Олег Вячеславович, не является ли всё это отправной точкой нормотворческих инициатив и Ваших, и Валерия Фёдоровича?**

Нет, или не совсем так. Что касается меня, то постоянный анализ зарубежной нормативной литературы позволяет мне быть, что называется, в тренде передовых идей. А дальше следуют выводы, намерения, действия, формулирование идей и их реализация. Кстати, рекомендую всем читать зарубежную научную литературу в оригинале, это

позволяет более точно улавливать сущность излагаемых идей.

О Бабкове. Валерий Федорович на 80% сформулировал свои научные идеи самостоятельно. Я удивляюсь его научным предвидением. Практически все новации дорожной науки двух последних десятилетий были обозначены еще раньше в 70-80-е годы. Немецкие дорожные нормы, в какой-то мере, были лишь подтверждением того, что он на правильном пути. И всё-таки главная заслуга Валерия Фёдоровича в том, что он, как талантливый организатор науки, создал свою школу, плеяду учеников: Сильянов В.В., Васильев А.П., Носов В.П., Лобанов Е.М., Пospelов П.И. и многие другие. Да, собственно, и Вы, насколько я знаю, его ученик.



**Да, это так, и стараюсь быть его последователем.**

Чем интересна эта плеяда учёных-дорожников, с которой мне довелось работать и с которой продолжаю работать сейчас, — это их глубокое знание высшей математики, без чего наука не может быть точной. А второе — их расположенность вести научный спор. Мы, особенно с проф. Лобановым Е.М., провели много времени за дискуссиями и спорами, но в этом и сущность науки и, главное, в этом процессе что-то рождалось. Возможно, даже истина.

**В связи с этим: чем же, по сути, отличаются нормы и технологии проектирования дорог у нас и за рубежом? И как Вы пришли к пониманию коренного пересмотра российских норм проектирования дорог?**

Как-то, работая в Минтрансе, я встретился с бывшим коллегой по ГипроДорНИИ, который к тому времени уже много поработал в Англии. Он сказал, что нормативы и технологии проектирования дорог там существенно отличаются от наших подходов. Казалось бы — автомобили во всем мире одинаковые, физические законы их движения едины, а нормы и приёмы проектирования дорог для них разные.

Стал изучать зарубежный опыт. Принципиально, с чем столкнулся? Обоснование расчётных скоростей. Если у нас с 60-х годов сохранился подход — максимальная скорость одиночного автомобиля. Причём за расчётный автомобиль до сих пор принимают ГАЗ-21 «Волга», ну что это? То за рубежом рассматривают ряд скоростей для разного класса задач, в том числе и скорости автомобилей в транспортном потоке, с разной вероятностью её превышения: 50%, 85%, 95%. И во всём этом есть глубокий смысл. Другой посыл

для совершенствования норм — принципы ландшафтного проектирования, основанные на восприятии дороги водителем, которые в наших нормах не проработаны, несмотря на то, что теоретические основы этого подхода были сформулированы Е.М. Лобановым.

Нет в наших нормах требований к обеспечению пропускной способности, которые основаны на теории транспортных потоков, разработанной в нашей стране проф. В.В. Сильяновым.

Но и, пожалуй, главное. Наши нормы геометрического проектирования основываются на концепции расчетной скорости, предложенной американцем Барелем ещё в 1936 году. В то время как весь цивилизованный мир уже давно отказался от этой концепции и перешёл на принципиально новые концептуальные основы — создание дорожной инфраструктуры, адаптированной к физическим возможностям водителя.

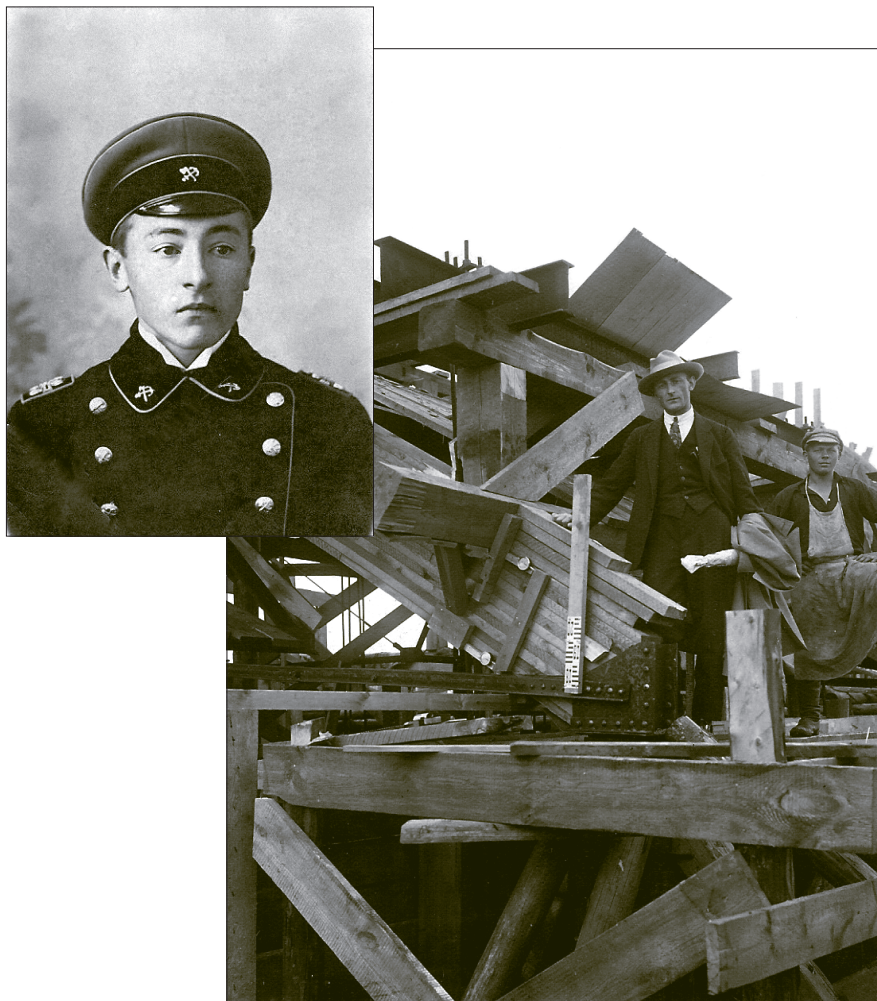
Всё требует совершенствования и развития, однако наши дорожные нормы заморожены на техническом уровне 70-х годов прошлого столетия и не учитывают отечественных и зарубежных исследований, выполненных в последние три десятилетия.

**Возвращаясь к Обскому мосту. Он стал эпохой в жизни Томской области, ведь до этого транспортная связь половины области с другой половиной была лишь паромная. И это — в конце 20-го века! Я знаю, Вы были ГИПом этого моста, расскажите.**

Да, я проектировал этот мост и как ГИП и, позднее, как главный инженер института участвовал в его строительстве.



*Во время работы в Единой Экономической Комиссии ООН*



*Инженер Сворцов В.М.*

Сооружение уникальное как по гидрологическим условиям, так и по конструктивным решениям.

Так, например, все компьютерные гидрологические расчёты вёл талантливый инженер Буянов Э.С. по программам проф. Федотова Г.А. И эти расчёты подтвердили все последующие размывы и наносы, неизбежно возникающие при строительстве таких сложных гидротехнических сооружений.

Что касается инноваций. На мосту было уложено покрытие на основе модифицированного битума, разработанного Томским институтом химии нефти. Покрытие простояло рекордные 15 лет. Вот такие инновации надо тиражировать. Оригинальным решением был и гидронамыв на болоте без выторфовки, схема фундаментов опор — с наклонными сваями из среднего ряда, а не из крайних рядов, как это принято обычно.

Объяснять это инженерное решение надо долго, могу лишь сказать, что необходимое количество свай было уменьшено вдвое при той же несущей способности фундамента. Было непросто. Обсадные трубы трудно было вытаскивать, и не бросишь их — ведь это валюта. Там была разработана уникальная технология погружения свай оболочек на глубину до 50 метров с подмывом.

Отработку этой технологии осуществлял Василий Музалев, тогдашний главный инженер Мостоотряда №101, кстати, очень грамотный инженер.

А надвигка пролётов с помощью плавучих опор при сильнейшем течении? Надо сказать, что в Томске настолько грамотные и решительные дорожники и мостовики, что все инновации принимались, при соответствующих обоснованиях и расчётах, с большим энтузиазмом. Прошло около тридцати лет, а я всё ещё сохраняю тёплые воспоминания и продолжаю дружить с ними. И с вашим политиком и учёным — Степаном Степановичем Сулакшиным, и с тем же Василием Николаевичем Музалевым, Черныхом Геннадием Фёдоровичем — главным инженером Томскавтодора, и Бурмантовым Геннадием Ермолаевичем — заместителем начальника. И тем более с Урмановым Игорем Александровичем — тогда он был начальником Томскавтодора, а позже мы с ним несколько лет работали рука об руку в Росавтодоре. Мы всё ещё на связи друг с другом.

И о курьезе. Мост был запущен в 1987 году, сроки выдержаны, а за счёт инноваций капитальные вложения освоены не полностью. Нонсенс!

Пришлось пойти на политические манёвры, ехать в правительство, доказывать. Смогли, премии за ввод моста через р. Обь были получены всеми, кто их заслужил.

**Олег Вячеславович, мы с Вами были вместе в 1997 году в Торонто (Канада) на Всемирном дорожном конгрессе (IRF). Было 3 доклада от России: Ваш, мой с Урмановым И.А, о котором Вы только что упомянули, и Бугроменко В.Н. Нас так тепло принимали и воспринимали, что казалось — вот и наступила интеграция России с мировым сообществом. Сегодня международные контакты не так активны, разве что Ассоциация РАДОР иногда радуется встречами с зарубежными коллегами по цеху. Как это объяснить?**

Да, тогда был период активного взаимодействия с международным сообществом. Мы только начинали делать первые шаги в рыночных реалиях, и нам требовались консультации и поддержка. Мы много работали с Мировым банком реконструкции и развития (МБРР), с той же Всемирной дорожной федерацией, Национальной академией транспорта США, членом которой я был на протяжении ряда лет.



Но любые отношения со временем становятся более рациональными и прагматичными. Мы достигли определённого понимания как во взаимоотношениях, которые не всегда были равноправными, так и в технике и технологиях дорожного строительства. Сотрудничество продолжается, но оно носит несколько другой характер: мы больше стали говорить и делать в сфере международных транспортных коридоров, способных повысить эффективность глобальной логистики. Сотрудничает в отработке механизмов государственно-частного партнёрства, в реализации концессий и в сфере ИТС и ИТ. Так что 20 лет — полёт нормальный, ну не считая досадных недоразумений с Украиной.

**А как можно объяснить низкую эффективность результатов НИОКР? Вроде денег на НИОКР меньше не становится, а результаты таких работ все ниже и ниже ожидаемых.**

Причин много. Одна из них — экспертиза проектов. Да и как может быть иначе, если эксперты, как правило, работают на общественных началах. А затраты времени на экспертизу огромные и квалификация экспертов должна быть при этом не ниже квалификации исполнителей работ. В своё время, работая ещё ГИПОм, я привлекался экспертом по работам в Госплане и Госстрое. И там за экспертизу 3–4 проектов или научных работ в месяц я получал денег больше, чем за основную работу. Конечно, при этом я очень старался и результат был.

Да и сейчас, выпуская какой-либо нормативный документ, я пишу соавторов, а также фамилии тех, по чьим замечаниям были выполнены существенные правки документа. Так что экспертные заключения недооценивать нельзя.

Кстати, я любил особенно ходить в Госплан. Придёшь, отчитаешься за работу, они спрашивают: «Обедать будешь?» Отвечаю: «Ну, конечно». А там кормили очень дёшево и не хуже, чем в ЦК КПСС. Вот такие радости жизни были в то время.

**Вы являетесь одним из соавторов разрабатываемой Концепции Технической политики Госкомпании «Автодор» до 2020 года. Как Вы оцениваете перспективы этого документа?**

Ну, во-первых, я высоко оцениваю перспективу самой деятельности Госкомпании. А то, что такие документы как Концепция Технической политики необходимы, чтобы правильно выстраивать вектор движения вперёд и правильно расставлять приоритеты, думаю, всем понятно.

В этой работе я отвечал за нормативную базу проектирования и, отчасти, за ИТС. Про первое мы уже немного поговорили, теперь — про второе. Само понятие ИТС — интеллектуальные транспортные системы (Intelligent transport system) — у нас несколько искажено, причём, начиная уже с перевода слов. Посмотрите перевод слова Intelligent — интеллектуальный,

и близкое к нему понятие — искусственный интеллект. А ведь можно было бы перевести и как информирующий, и как саморегулируемый. Нет, мы берём по максимуму, потом не очень работаем, чтобы сам процесс отвечал декларированному назначению. На сегодня наши ИТС — это, по сути, АСУДД в хорошем смысле. Да, и в АСУДД начинают появляться элементы, которые можно отнести к интеллектуальным. Но всё должно быть постепенно и осмысленно. Прежде всего, должны появиться программы и нормативные документы, регламентирующие эту деятельность и этот процесс. И они начинают формироваться. Тут достаточно позитивную роль играют инициативы ряда отечественных специалистов, среди которых заметна роль профессора Жанказиева С.В.

**Ну, раз уж заговорили про переводы с иностранных языков... Олег Вячеславович, откуда у Вас глубокое знание и разговорного, и письменного английского, что не свойственно специалистам нашего с Вами поколения?**

Я, как-то ещё маленьким мальчиком, шёл рядом с папой по улице. К нему обратились с вопросами на французском, и он оживлённо с ними переговаривал. Я удивился и спросил, откуда он знает французский?

Он ответил:

— Сынок, я же учился в гимназии, в той ещё гимназии, указав пальцем вверх. Там нас учили, в первую очередь, латыни, которая даёт ключ к знанию всех современных языков. А уж потом изучить французский и немецкий нам не составило труда.

---

**А самым большим достижением моей деятельности при Единой Экономической Комиссии ООН является то, что мне удалось стабилизировать ситуацию в сфере международных транспортных перевозок.**

---

Что касается меня, то я ещё в МАДИ учился в спецгруппе с углубленным изучением английского языка. А будучи управленцем, я всё ещё сохранял инженерное любопытство ко всему новому, в том числе черпал сведения из зарубежной литературы. Потом это переросло в мои должностные функции — поддержка каналов международного профессионального сотрудничества.

Кстати, особенно знание английского мне сильно помогло при работе в ЕЭК ООН. Я там, как партия учила, прославлял свою Державу. Вёл заседания этой Комиссии, отстаивал при ООН интересы наших братьев — казахов, белорусов, украинцев...

**Ну не зря же Вы — Почётный дорожник и Белоруссии, и Украины.**





Телефон и журналы в сторону — начался клёв

Наверное. А самым большим достижением моей деятельности при Единой Экономической Комиссии ООН является то, что мне удалось стабилизировать ситуацию в сфере международных транспортных перевозок. Если наша доля в перевозках по территории РФ была 20%, то стала — 50%. Это-то я считаю весьма справедливым показателем.

**Кстати, по поводу армии после института — это всегда интересно слушать, расскажите.**

По окончании МАДИ имени Молотова В.М., тогда он так назывался, я хотел работать в институте «Проектстальконструкция». Меня туда рекомендовал мой руководитель дипломного проектирования и друг моего отца — Гибшман Е.Е. А меня по распределению направили в другую контору, где мне не очень хотелось работать. Тогда я завербовался на север, в Коми, подстраховавшись комсомольской путёвкой. И всё равно возникли вопросы у прокуратуры. Я не стал ждать дальнейших вопросов и подал заявление в военкомат: «Хочу в армию». И, кстати, нисколько не жалею. Это отличная школа жизни со своим укладом и со своей житейской мудростью.

Ну, например, крылатое выражение нашего старшины роты: «Произведение звания на знания есть величина постоянная». Чувствуешь, сколько юмора и самоиронии? Или: «Профессор знает всё, но занимается своим узким делом. А командир роты не знает ничего, но делает всё».

И таких шуток-прибауток в армии хватало, могу и дальше, не успеешь записывать...

**А во власть как попали? Это же было не номенклатурное продвижение по служебной лестнице?**

Меня пригласил на работу президент Концерна «Росавтодор» Донцов Г.И. Тогда было популярно все должности распределять путём голосования. Ну и проголосовали за меня, как за вице-президента. А чуть позже был учреждён государственный орган — Федеральный дорожный департамент куда меня пригласил на должность первого заместителя уникальный человек — руководитель вновь созданного ведомства Н.И. Голованов, где я отвечал за становление дорожных фондов, вёл вопросы законодательства в дорожном хозяйстве. И пошло, поехало...

Р.С. Мне показалось, что беседа с Олегом Вячеславовичем была довольно непринужденной. Хотя бы потому, что в это время у нас в руках были удочки, и клёв был хороший. А, впрочем, рядом с таким человеком всегда клёво, даже если рыба не идёт на крючок. 🎣

## 10

самых красивых  
автомобильных  
дорог России

Кузнецова А.П., начальник отдела продаж ООО «ИндорСофт»

*О дорогах России обычно говорят только то, что они плохие. А между тем у нас есть тысячи километров дорог, построенных в сложнейших условиях, немало грандиозных мостов и эстакад, крупных транспортных развязок и длиннейших тоннелей. Состояние отечественной дорожной инфраструктуры позволяет пересечь всю нашу огромную страну с запада на восток и с юга на север. Это стало возможным благодаря труду не одного поколения инженеров, учёных и строителей, что хочется особенно отметить накануне Дня дорожника. Мы решили подготовить обзор российских автомобильных дорог — уникальных не только по своим инженерным решениям, но и по красоте открывающихся видов.*

**1. Чуйский тракт**

Чуйский тракт вошёл в «десятку» самых красивых дорог мира, представленную научно-популярным географическим журналом National Geographic. Эта дорога действительно может стать самодостаточным поводом для путешествий. Она проходит по горным хребтам, возвышаясь на 2000 метров над уровнем моря, километрами тянется вдоль быстроводной реки Катунь,

пересекает Курайскую степь и Чуйскую долину. Чуйским трактом называют дорогу от Бийска до Ташанты. Она входит в состав федеральной трассы Р-256, которая начинается в Новосибирске и идёт по Алтайскому краю и Республике Алтай к границе с Монголией.

История Чуйского тракта — некогда ответвления Великого шёлкового пути — уходит в глубь времён. В X веке упоминания о нём встречаются

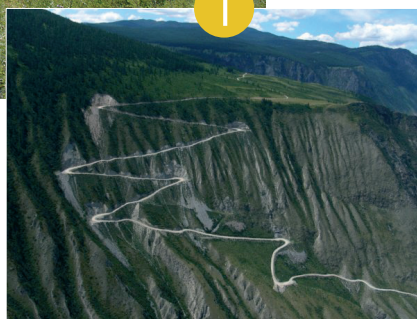


Рис. 1. Чуйский тракт, река Катунь





Рис. 2. Автомобильная дорога Катунь-Ярык – Балыкча, перевал в Алтайских горах, на территории Улаганского района Республики Алтай



вдоль всей трассы, строили крупнейший в СССР наплавной понтонный мост. В 1934 году этот мост через реку Бию открыл выход Чуйского тракта к железнодорожным путям, за что начальники Сиблага получили денежные премии и велосипеды.

Сегодня Чуйский тракт — это единственная ниточка, соединяющая Республику Алтай с железнодорожными и водными путями Сибири и другими федеральными трассами, идущими как в сторону Москвы, так и в сторону Владивостока. За качеством асфальтобетонного покрытия тщательно следят. Поэтому, за исключением опасных участков, средняя скорость движения автомобиля по трассе — 90 км/ч.

От тракта отходит и много других интересных дорог. Так, если свернуть влево в селе Акташ, то, чтобы добраться до Телецкого озера, можно выехать на автомобильную дорогу Катунь – Ярык – Балыкча

как о «Китайской дороге». Несколько полочек древнего серпантина, проложенного во времена господства в этих краях «кытаев», можно увидеть и по сей день.

В 1756 году южные алтайцы вошли в состав Российской империи, что послужило причиной активного освоения Чуйского тракта русскими купцами, торговавшими с Монголией и Китаем.

Путь в Монголию пролегает через Теректинский хребет. Дорога между огромными, уходящими вертикально ввысь скалами с одной стороны и глубокими обрывами с другой более десяти километров вьётся серпантином сначала вверх, а потом вниз. Речь идёт о перевале Чике-Таман, вершина которого находится на высоте 1295 метров над уровнем моря. «Ета не Чике-Таман, а Чёрт-Атаман, сорок восемь грехов» — так, говорят, в сердцах ругались ямщики, оказавшись со своими подводами у начала крутого перевала.

В начале XX века на месте тропы построили первую дорогу. Работы по трассировке и составлению карт Чуйского тракта возглавлял инженер ведомства путей сообщения — знаменитый автор «Угрюм-реки» В.Я. Шишков. Результаты исследова-

ний его экспедиции легли в основу дальнейшего проектирования дороги, на которой в 1924 году открылось автомобильное движение.

Современная — третья — дорога через Чике-Таман была пущена в 1984 году. Чтобы расширить дорогу, строителям пришлось переместить более полутора миллионов тонн грунта и взорвать около десятка скал. В наши дни дорога через перевал по-прежнему изобилует зигзагами, нередко камнепады, но ширина проезжей части, качество дорожного покрытия и разметки делают движение безопасным. Главное — не засмотреться на открывающиеся за поворотами виды.

Подробно с историей Чуйского тракта можно познакомиться в его собственном музее (отдел Бийского краеведческого музея им. В.В. Бианки). Экспозиции представляют флору и фауну, окружающие тракт, портреты и биографию знаменитых людей, жизнь и творчество которых были связаны с трактом (В.А. Обручев, Г.Н. Потанин, Н.К. Рерих, В.М. Шукшин, М.С. Евдокимов). Широко представлены экспонаты 30-х годов XX века — времени, когда 12 тысяч заключённых пробивали дорогу в многометровых снежных заносах, вели лесоповал

(рис. 2). 77-километровый автомобильный спуск в долину реки Чулышман появился в 1989 году, благодаря трём отчаянным бульдозеристам Ухановым (отец, сын и племянник). Со стороны или с вертолётки эта дорога выглядит фантастически.

## 2. Автомобильная дорога «Енисей»

Федеральная автомобильная дорога «Енисей» Р-257 начинается в Красноярске, проходит через Красноярские столбы, серпантином взбирается на Восточный Саян, затем спускается к Красноярскому водохранилищу, а потом через Республику Хакасия идёт в Туву и, как и Чуйский тракт, выходит к границе с Монголией. Участок трассы от Абакана до монгольской границы носит историческое название Усинский тракт. В 2002 году здесь рухнул вертолёт генерала Лебеда.

Строительство этого тракта проходило в период с 1910 по 1916 год. В 1932 году участок протяжённостью 415 км был адаптирован под автомобильное движение и связал между собой города Абакан и Кызыл. Вторая очередь трассы «Енисей» была построена только в 1966 году. Этот отрезок уже связал Абакан с Красноярском.





Рис. 3. Трасса «Енисей», Республика Тыва

Дорога «Енисей» (рис. 3) — единственная большая трасса, связывающая Республику Тыва с Монголией и Красноярском, откуда можно выйти на федеральные трассы, ведущие в Москву и Владивосток. На всём своём протяжении дорога имеет хорошее покрытие.

Усинский тракт проходит по Буйбинскому перевалу, высота которого доходит до 1400 метров, где находится Ойское озеро и открывается вид

на Спящий Саян. На 611-м километре трассы разбита горнолыжная база, где лыжники могут подниматься на вершину спуска не только на подъёмнике, но и на автомобиле — прямо по федеральной трассе.

После спуска и переезда через первый мост на речке Нижняя Буйба слева от трассы располагается природный парк Ергаки. Этот участок проходит через красивейшую тёмнохвойную тайгу.



Рис. 4. Транспортная развязка «Адлерское кольцо»





Рис. 5. Низководный мост «Де-Фриз — Седанка» через Амурский залив в г. Владивосток

4

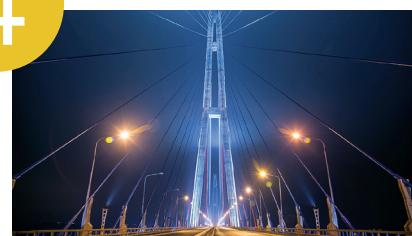
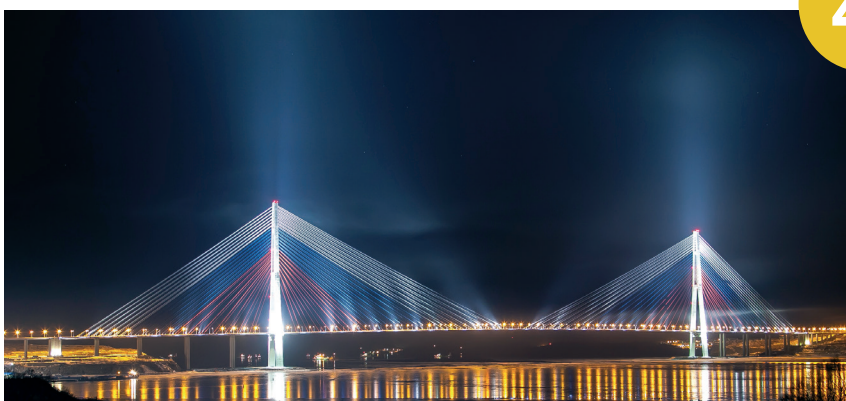


Рис. 6. «Русский Мост» в г. Владивосток

### 3. Сочинские трассы. Олимпийская победа над пробками

Сочи — третий город в России, в котором к проведению мероприятия мирового уровня полностью реорганизована улично-дорожная сеть. Саммит АТЭС во Владивостоке (2012 г.), Всемирная летняя универсиада в Казани (2013 г.), Зимняя Олимпиада в Сочи (2014 г.) — в рамках подготовки к встрече участников и гостей этих мероприятий были развёрнуты беспрецедентные дорожные стройки. Ренессанс дорожной отрасли дал специалистам-дорожникам возможность раскрыть свой накопленный потенциал, и результат не может не радовать.

Проблему знаменитых сочинских пробок решила «великолепная десятка» новых дорожных объектов: пять транспортных развязок («Виноградная — Донская», «Стадион», «Голубые Дали», «Адлеровское кольцо», «Аэропорт»), два участка автодороги А-147 Джубга — Сочи, автодорога «Дублёр курортного проспекта», мост

через реку Сочи, обход Сочи. Каждый из этих объектов уникален. Так, «Дублёр Курортного проспекта» представляет собой сложнейшую систему современных тоннелей и мостовых сооружений общей протяжённостью более 16 км. Сама дорога занимает всего 2 км. Всё остальное — это 15 тоннелей, 6 из которых парные, а также 20 мостов и эстакад и 7 транспортных развязок. Значительная часть «Дублёра Курортного проспекта» представляет собой череду эстакад. Самая крупная из них в длину достигает 2,2 км.

Вместе и по отдельности новые дорожные объекты Сочи формируют новую транспортную инфраструктуру огромного города (рис. 4), где движение без автомобильных заторов — теперь реальность.

### 4. Автомобильная дорога с низководным мостом Де-Фриз — Седанка. Проезжая по волнам

Один из объектов транспортной инфраструктуры Владивостока, построенный к саммиту АТЭС в 2012

году, — автомобильная дорога посёлок Новый — полуостров Де-Фриз — Седанка — бухта Патрокл. Общая протяжённость дороги составляет чуть более 42 километров, из них: 4,378 км — длина моста над водами Амурского залива (Японское море). Эстакада занимает третье место в рейтинге самых длинных мостов России. Четырёхполосное движение позволяет развивать скорость свыше 100 км/ч. Наблюдая за автомобилями, находящимися всего в 6 метрах над морской акваторией, создаётся впечатление, что они едут прямо по воде (рис. 5).

Сама дорога проходит по лесному массиву и пересекает полуостров Муравьёва-Амурского, на котором расположен Владивосток, от Амурского до Уссурийского залива. Конечная точка на юге — выход к Русскому мосту (рис. 6) — длиннейшему вантовому мосту в России. Высота пилонов этого вантового моста составляет 327 метров — это самые высокие пилоны в мире. От них идут венты, выкрашенные в цвета российского флага. На сегодняшний день этот мо-

5



Рис. 7. М-29 «Кавказ»

стовой переход имеет самый длинный в мире вантовый пролёт — 1104 метра. Находящимся в 70 метрах над водами пролива Босфора Восточного автопутешественникам открываются уникальные по своей живописности морские панорамы.

### 5. М-29 «Кавказ». Самая горячая трасса

Автомобильная дорога Р-217 «Кавказ» общей протяжённостью 1118 км проходит от Краснодара через Грозный и Махачкалу до границы с Азербайджаном и связывает между собой Кабардино-Балкарию, Ингушетию, Северную Осетию, Ростовскую область, Чечню, Дагестан,

Ставропольский и Краснодарский края (рис. 7).

Горячей трассу называют не из-за климатических особенностей и захватывающих дух изгибов серпантина. Плотное сосредоточение блокпостов, бронетехники и вооружённых силовиков делают трассу напряжённой. Вероятно, поэтому её состоянию уделяется особое внимание. Реконструкция и стройка ведутся на многих участках дороги в Ставропольском крае и Республиках Кабардино-Балкария и Дагестан. Общая протяжённость проектируемых и строящихся участков дороги «Кавказ» в 2013–2015 гг. составит 288 км.

В результате реконструкции чеченского участка автодорога здесь станет первой категории, что предусматривает расширение её до четырёх полос с устройством разделительных ограждений, возведение двадцати четырёх транспортных развязок, а также строительство дороги в обход г. Гудермес. На многих участках трассы в Ставропольском крае также активно реализуются проекты реконструкции и строительства: обход Пятигорска, три транспортных развязки, восемь путепроводов. Все работы планируют закончить не позже 2017 года.

Но не стоит ждать три года, в автопутешествие по красивейшим местам южной части России можно пуститься прямо сейчас, чтобы оценить то, что уже сделано дорожниками, а также насладиться горными ландшафтами и культурными достопримечательностями.

### 6. Автомобильная дорога Баксан — Эльбрус. Дорога в облаках

Эльбрус — высочайшая вершина в России (рис. 8). Прямо из Москвы к Приэльбурью на своём автомобиле можно было проехать уже в семидесятые годы прошлого столетия. Правда, автомобиль должен был быть специфическим, например, ВАЗ-2121 «Нива». В наши дни трасса А-158 (Р 289) Баксан — Эльбрус представляет собой современную автомобильную дорогу с отличным покрытием, по ко-



Рис. 8. Эльбрус

6



Рис. 9. Приэльбурье. Верхняя долина Баксана





Рис. 10. Трасса  
«Амур»

торой комфортно ездить на легковом автомобиле круглый год.

Дорога к Приэльбрусью (южная граница России в республике Кабардино-Балкария) проходит по территории горных массивов Главного Кавказского хребта (рис. 9). Горный серпантин поднимается до высоты 2340 метров над уровнем моря. Есть очень узкие участки дороги, где введено реверсивное движение. Под особым контролем дорожников — места, подверженные регулярным осыпям. Последние вызваны значительными колебаниями температуры воздуха: днём может быть +30, а ночью ниже нуля. Нагревания и замерзания почвы разрушают верхний каменный слой, что становится причиной осыпей.

Эта высокогорная автомагистраль соединяет горные сёла с центром и открывает путешественникам широкий доступ к ошеломляющим видам: многочисленные водопады, нависающие стены белёсых известняковых скал Баксанского и Чегемского ущелий, величественные покрытые ледяными шапками вершины Эльбруса и Чегета, облака на уроне глаз. «Баксан — Эльбрус» — это дорога к незабываемому.

### 7. Трасса «Амур». Широка страна моя родная

По мнению автомобильного журнала «За рулём» (№5, 2011), именно эта дорога является самой красивой трассой России (рис. 10). В данном случае причиной столь высокой оценки красоты дороги послужили не рельефный ландшафт, пересекаемый дорогой, как в случае М-52 и М-54, не грандиозность сооружений (тоннели и развязки в Сочи, мосты во Владивостоке), а... политическая ситуация.

Строительство федеральной автомобильной дороги Р-297 «Амур» Чита — Хабаровск официально было завершено в 2010 году. Работа тянулась многие десятилетия и все эти годы демонстрировала остроту вековых проблем отечественной дорожной отрасли. Открытие трассы стало знаковым событием, важность которого сложно переоценить. Ведь теперь у нас есть своя «самая длинная в мире автомобильная дорога» — «Владивосток — Москва — Санкт-Петербург» — протяжённостью в 10 000 км. В отличие от занесённого в книгу рекордов Гиннеса Панамериканского шоссе (24 140 км), наша автомагистраль не имеет «пробелов», то есть движение на автомобиле возможно от начала до конца, и, что наиболее важно, она государственная — с востока на запад через всю Россию



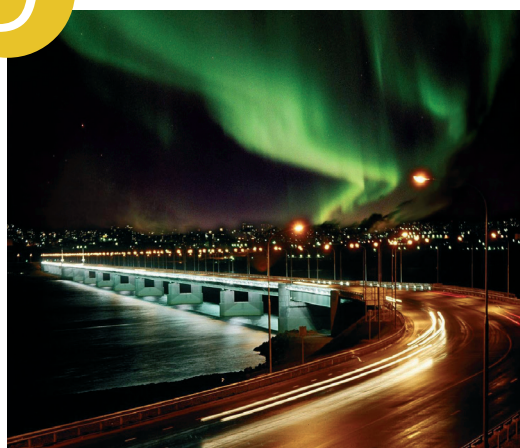
Рис. 11. Пустынная трасса «Астрахань — Махачкала»

Рис. 12. Трасса  
«Кола»



9

Рис. 13.  
Трасса «Кола».  
г. Мурманск



можно проехать бесплатно. Ни то, ни другое Панамериканскому шоссе не присуще.

Если трасса «Амур» не самая красивая, то, уж точно, в современной истории России самая знаменитая: на центральной площади Хабаровска трассе «Амур» установили памятный знак «Нулевой километр»; инспектирование дороги В.В. Путиным на жёлтой «Ладе-Калине» в 2010 году надолго взбудоражило народный фольклор; на самой крупной — пятидесятичной — денежной купюре России изображён Хабаровский мост, являющийся частью М-58.

## 8. Трасса Астрахань — Махачкала

Судя по интернет-картам, дорога из Астрахани к Каспийскому морю существует, и сложности проехать на автомобиле из России в Дагестан нет. На самом деле эту дорогу прокладывают только сейчас, и лишь к 2017 году она будет соответствовать тому, что нам показывают навигаторы сегодня (рис. 11).

В этом году на автомобильной дороге А-153, проходящей через Астраханский край до гра-

ницы с Республикой Калмыкией, были заасфальтированы последние грунтовые участки. Далее трасса будет проходить через Республику Калмыкию к границе с Дагестаном по полупустыне. Проект подготовлен ООО ПСФ «ДОРПРОЕКТ» (г. Астрахань), специалисты этой организации используют в своей работе систему IndorCAD («ИндорСофт», Томск).

Конечно, астраханские пустыни не сравнятся по протяжённости, размерам и засушливости с пустынями, например, Африки. Скорее, это полупустыня с песчаным грунтом, поросшим травой и другой растительностью. Но тем не менее на отдельных участках растительности практически нет, а есть лишь наваянные ветром барханы. И из окна автомобиля вполне можно увидеть сайгаков, сусликов и лис.

Сама трасса, по словам руководителя Федерального дорожного агентства Романа Старовойта, отвечает европейским стандартам: «Всё, что может быть на дороге, здесь есть. Тут и три моста, и скотопрогонники, и освещение, и разметка, и пешеходные переходы, и современные остановки, и установленные санузлы». Последнее, кстати, особенно важно для дороги, вдоль которой не найти ни кустов, ни деревьев.

## 9. Трасса «Кола». По тундре в заполярье за северным сиянием

Самая северная в мире скоростная автомобильная дорога находится у нас, в России — это заполярная трасса «Кола» (рис. 12). Кола в переводе с финно-угорского означает «рыбная река». В честь речки, протекающей на Кольском полуострове, и назвали автомобильную дорогу Р-21. Дорога берёт начало в Санкт-Петербурге, про-



ходит через Петрозаводск, Мурманск, Печенгу и упирается в норвежскую границу (посёлок Борисоглебский).

Дорога на Русский север проходит мимо Ладожского озера, через километры тёмнохвойной тайги, вдоль Онежского озера. На Кольском полуострове тайгу сменяют лесотундра и тундра, дорога пересекает болота. Сильнейшее впечатление оставляют Хибин — крупнейший горный массив на Кольском полуострове, вид на который открывается прямо с трассы.

Этот путь был проложен в стародавние времена, по всей видимости, именно по нему пришёл на Русь княжить Рюрик. В современном виде автотрасса Санкт-Петербург — Мурманск была обозначена только в 1986 году (рис. 13). А доступной для комфортного круглогодичного проезда она становится уже в наши дни, когда к концу подходят реконструкция неудовлетворительных участков. Кстати, многие реконструируемые участки проектируются ЗАО «ВАД», инженеры этой компании также создают свои проекты в IndorCAD.

Дороги севера — это дорогое удовольствие: специфические методы реконструкции (например взрывные работы по выторфовыванию) и сложное содержание и эксплуатация (требуется постоянная уборка снега). И тем не менее сегодня мы можем доехать из столиц до заполярья на своём автомобиле, покатаются в Кировске на горных лыжах в полярную ночь, увидеть северное сияние, в течение одного часа встретить рассвет и проводить закат.

## 10. Зимники. Суровая красота для настоящих мужчин

Стоимость строительства дорог на Севере, конечно, фантастическая. В Ханты-Мансийском автономном округе есть несколько дорог, по которым можно на своей машине доехать до Северного Ледовитого океана и которыми можно гордиться. Но, взглянув на карту автомобильных дорог России, мы увидим огромные площади, где дорожной инфраструктуры нет. И дело здесь не только в дороговизне вопроса.

Нет более непредсказуемой почвы, чем грунты с вечной мерзлотой. Какой бы «золотой» ни была дорога, она в любой момент может уйти под землю. Поэтому на многих северных территориях автомобильное сообщение возможно только по сезонным дорогам — зимникам.

Временные зимники — дороги, которых нет, трассы, тысячи километров которых прокладываются в начале каждой зимы с наступлением первых морозов (рис. 14). В первую очередь это дороги по замёрзшим рекам, но

есть и намороженные трассы — по болотам, озёрам, топям, тайге накидывают лёд, снег, торф и укатывают автогрейдером. С наступлением первой оттепели дорога снова превращается в непроходимую топь, и наземное движение прекращается.

Путешествие в край алмазов и белых ночей подстать только самым суровым ценителям красоты. Жесточайший мороз и безлюдье не располагают к массовым путешествиям. Но, пройдя специальную подготовку и набравшись мужества, автопутешествие вполне реализуемо (рис. 15).

Безусловно, наш выбор самых красивых дорог не мог быть не субъективным. Мы не стремились ставить оценки по тем или иным показателям и выводить их в общий рейтинг, наша цель — напомнить о том ценном, что мы имеем. Впереди ещё много работы, и осознание результатов проделанного труда отлично помогает двигаться дальше. Как говорят дорожники на Кавказе — построив дорогу, ты проложил себе дорогу в рай. ■

Рис. 14.  
Обустройство  
зимника

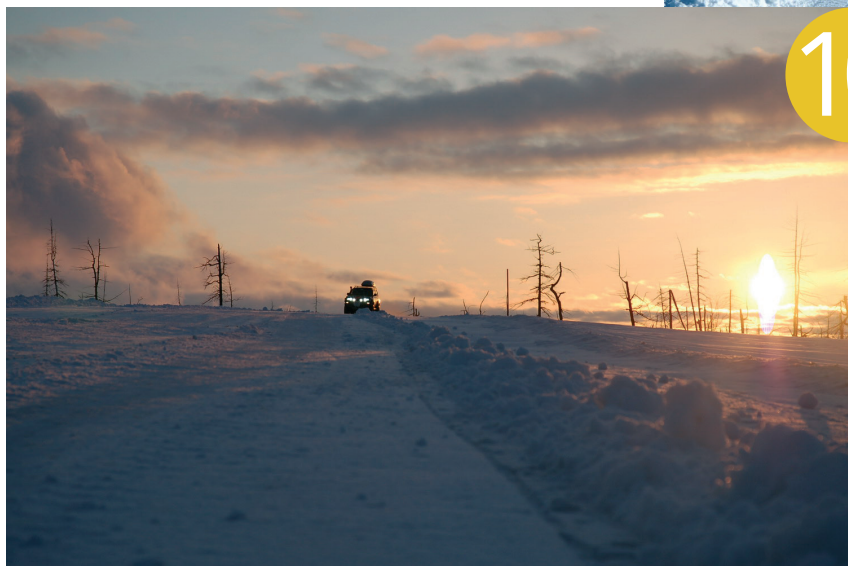
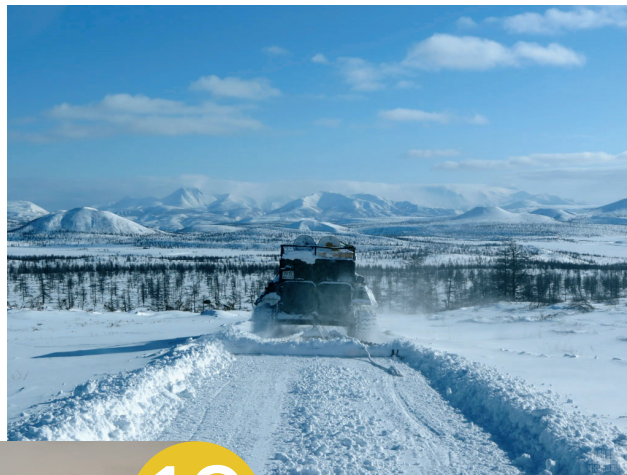


Рис. 15. Зимник.  
Куда-то в сторону Северного  
Ледовитого...



# «ИндорАкадемия»

программа академического партнёрства  
на образовательном уровне

Образовательный процесс в учебном заведении должен быть построен так, чтобы из стен вузов выпускались востребованные специалисты. Наибольшим спросом будут пользоваться те выпускники, которые уже во время учёбы овладели современными инструментами работы. Чтобы обеспечить высокий уровень подготовки студентов в области проектирования, строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог и городских улиц, учебным заведениям необходимо иметь современное программное и методическое обеспечение. Его можно получить, вступив в академическое партнёрство с компанией «ИндорСофт». О возможностях такого партнёрства и о том, как эти возможности получить, узнайте из нашей программы «ИндорАкадемия».



Являясь одним из лидеров отечественного рынка САПР и ГИС автомобильных дорог, компания «ИндорСофт» предлагает образовательное сотрудничество преподавателям и студентам профильных специальностей. Что же даёт участнику программа академического партнёрства?

## Современное программное обеспечение

Сотни передовых организаций дорожного хозяйства используют в своей работе программные продукты компании «ИндорСофт». Поэтому будущему инженеру, технику или управленцу важно ещё во время учёбы овладеть современными инструментами работы.

Для аудиторных занятий, а также для индивидуального обучения работе с ПО компании «ИндорСофт» участники академического партнёрства получают доступ к нашим программным продуктам:

- IndorCAD/Road: система проектирования автомобильных дорог;
- IndorPavement: система расчёта конструкций дорожных одежд;
- IndorRoad: геоинформационная система автомобильных дорог;
- IndorRoadSigns: система проектирования дорожных знаков;
- IndorGIS: универсальная геоинформационная система.

## Техническая и методическая поддержка

Уже сейчас на нашем сайте доступны дистанционные курсы обучения, а также документация с подробным описанием функциональных возможностей систем. Кроме того, можно задать вопросы специалистам техподдержки компании «ИндорСофт» и получить исчерпывающий ответ.

Мы постоянно пополняем нашу библиотеку учебных методических пособий, лабораторных работ и курсов, разработанных на основе использования наших систем. Наиболее успешные материалы получают широкое распространение в преподавательской среде.

## Обучение преподавательского состава

Для преподавателей вузов, участвующих в программе «ИндорМагистр», проводятся индивидуальные консультации, стажировки и обучение с возможностью получения удостоверений государственного образца о прохождении курсов повышения квалификации.

## Мотивационные мероприятия

Компания «ИндорСофт» ежегодно проводит конкурсы проектов, награждая авторов лучших работ ценными призами. Студенты более охотно погружаются в работу над проектом, который будет оцениваться не только в стенах родного вуза, но и профессиональным сообществом. Победа в конкурсе даёт большие преимущества при поиске работы.

## Журнал «САПР и ГИС автомобильных дорог»

Хотите быть в курсе инновационных технологий проектирования и управления в области дорожного хозяйства? Читайте «САПР и ГИС автомобильных дорог». Автоматически стать подписчиком издания позволяет участие в программе «ИндорАкадемия». Более того, преподаватели академического партнёрства получают возможность опубликовать свои собственные статьи на страницах профессионального издания.

Хотите получить эту пятёрку преимуществ? Звоните: (3822) 651-386



## 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