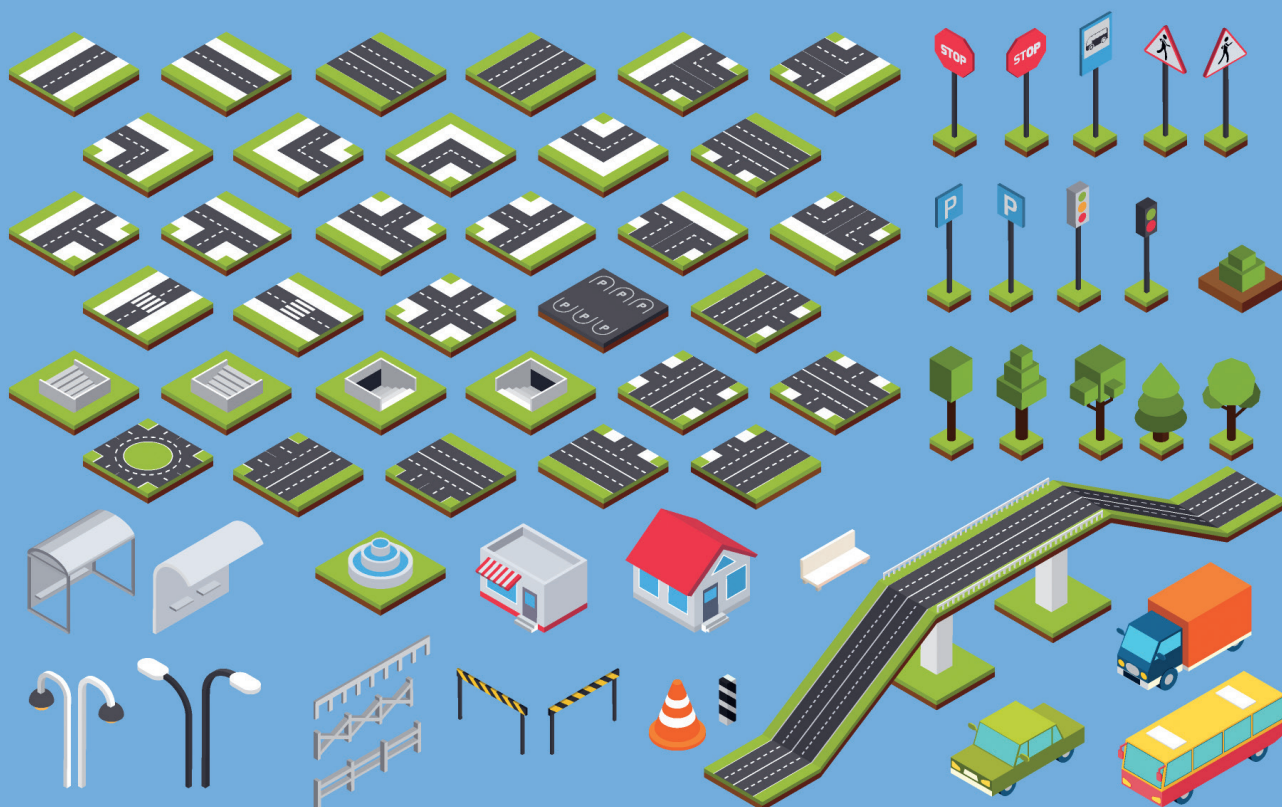


# Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4

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

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



*В данной статье рассматривается задача формализации требований к информационным моделям автомобильных дорог (BIM), применяемым на разных этапах жизненного цикла. Для решения данной задачи применяется подход, основанный на понятии «уровень проработки модели» (Level of Development, LOD). В свою очередь, для применения данного подхода необходимо выработать типовой перечень (классификатор, набор) элементов модели, необходимый и достаточный для представления автомобильной дороги на всех этапах жизненного цикла. В статье автор предлагает данный типовой перечень элементов информационной модели автомобильной дороги и формальное определение уровней проработки информационной модели автомобильных дорог. Это позволяет в дальнейшем разработать детальный перечень требований по форме представления и полноте элементов на всех уровнях проработки и, таким образом, полностью формализовать требования к информационным моделям как результатам этапов дорожной деятельности.*

Согласно концепции информационного моделирования, на этапах дорожной деятельности в качестве формы представления результата создаются информационные модели автомобильных дорог [1]. Таким образом, информационная модель автомобильной дороги — это стандартизованное цифровое представление различных аспектов планирования, проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, включающее в себя трёхмерные параметрические модели (3D), календарное планирование (4D), стоимостную оценку (5D), модели транспортных потоков и организации движения (6D) и сведения об изменяемых параметрах и явлениях на автомобильной дороге (7D) [2].

Для применения данной концепции на практике необходимо формализовать требования к информационным моделям автомобильных дорог как результатам отдельных этапов дорожной деятельности.

Согласно исследованиям [1, 2], на данный момент нет единых требований к информационным моделям автомобильных дорог. Существует несколько разных видов моделей, отличающихся составом элементов и способом описания элементов автомобильных дорог. Как правило, все эти виды моделей являются проприетарными и покрывают один-два этапа жизненного цикла, обеспечивая слабую интероперабельность и повторное использование наработанной информации. Это влечёт невозможность предъявлять требования к информационным моделям в виде представления в каком-либо формате; кроме того, подобное требование не отражает детальность модели, её пространственную непротиворечивость и иные аспекты качества.

В современной практике проектирования и строительства зданий начинается внедряться подход, основанный на требованиях к уровню проработки (Level of Development, LOD) [3].

Этот подход заключается в том, что определяются формальные уровни проработки, и для всех видов элементов, из которых состоит информационная модель, формализуются требования о том, как эти элементы будут представляться на том или ином уровне проработки. Уровни проработки условно привязываются к этапам проектирования и строительства, что позволяет в конечном итоге применять данную спецификацию как требование к качеству модели как информационного результата строительной деятельности [4].

Для дорожной отрасли мы предлагаем аналогичный подход к формализации требований. В настоящей статье мы предлагаем два базовых перечня — элементы информационной модели и формальные уровни проработки модели автомобильной дороги — как основа для дальнейшей спецификации требований к информационным моделям автомобильных дорог.

## 1. Основные элементы информационной модели

Информационная модель автомобильной дороги состоит из отдельных объектов — элементов, описывающих физические составные части автомобильной дороги или логические сущности, связанные с дорогой или градостроительством. Для формирования перечня элементов мы изучили существующую нормативную базу, применяемую в дорожной деятельности [5, 6] и ряд открытых стандартов и их проектов, касающихся моделей

для отдельных задач дорожной деятельности [7, 8, 9].

На основании данного обзора мы представляем обобщённый перечень элементов информационной модели дороги, включающий в себя все аспекты планирования, создания и существования автомобильной дороги и придорожной полосы как таковых (таблица 1).

Элементы групп 1000 и 2000 моделируют территорию, по которой проходит автомобильная дорога. Элементы групп 3000 и 4000 описывают геометрию проезжей части и «тело» дороги — земляное полотно, дорожную одежду. Элементы групп 5000 и 6000 описывают инженерные сооружения на автомобильной дороге. Группа 7000 описывает инженерное обустройство дороги, связанное в первую очередь с организацией движения (перечислена часть элементов). Группа 8000 описывает объекты придорожного сервиса (перечислена часть элементов). Группа 9000 представляет логические объекты, описывающие происходящие во времени явления — изменение транспортно-эксплуатационных показателей, фактические измерения, дорожные работы и тому подобное. Данный список является предварительным и требует детализации при выработке стандартизованных требований к структуре информационной модели.

Представленный обобщённый перечень охватывает практически все виды информации об автомобильной дороге, используемые в отрасли на всех этапах жизненного цикла. Разумеется, на разных этапах насыщенность, степень детализации представленных элементов существенно разнятся, и многие элементы могут даже отсутствовать. Далее мы рассмотрим подход к фор-

Таблица 1. Перечень основных элементов информационной модели автомобильной дороги

ЭЛЕМЕНТ МОДЕЛИ		ПРИМЕЧАНИЕ
<b>1000</b>	<b>Группа «Территория»</b>	<b>Землеустройство территориальное планирование</b>
1010	Полоса отвода	Земельные участки полосы отвода
1020	Придорожная полоса	Придорожная полоса — обременение соседних с полосой отвода земельных участков
1030	Обременения	Обременения, накладываемые на полосу отвода смежными и пересекающими объектами
1040	Категории земель	Границы зон, классифицированных по категориям землепользования
1050	Функциональное зонирование	Границы зон, классифицированных по функциональному назначению
<b>2000</b>	<b>Группа «Местность»</b>	<b>Трёхмерная цифровая модель местности, по которой проходит дорога</b>
2010	Рельеф	Модель поверхности «чёрной земли»
2020	Гидрография	Контурные водоёмов и их характеристики
2030	Озеленение	Контурные границ растительности разных видов
2040	Коммуникации	Модель инженерных коммуникаций
2050	Транспорт	Модель объектов транспортных сетей
2060	Здания, сооружения	Контурная модель зданий и сооружений
2070	Почвы	Контурные почвенных покровов разных видов
2080	Геология	Модели геологических колонок и пластов
2090	Экология	Группа
<b>3000</b>	<b>Группа «Ось дороги»</b>	<b>Пространственный «каркас» модели</b>
3010	Трасса	Осевая линия дороги в виде криволинейной полилинии или дискретной полилинии
3020	Структурные линии	Образующие структурные линии (кромки, бровки и т.п.)
3030	Адресный план дороги	Расположение километровых столбов и схема линейной адресации
<b>4000</b>	<b>Группа «Земляное полотно и ВЗП»</b>	<b>Описание проезжей части и земляного полотна; зависит от элемента «Трасса»</b>
4010	Выемка / Насыпь	Модель выемки и насыпи земляного полотна
4020	Берма	Модель присыпной бермы
4030	Укрепление откосов	Контурные укрепления откосов
4040	Проезжая часть	Модель проезжей части и дорожной одежды
4050	Уширения / Переходно-скоростные полосы	Модель дополнительных полос дороги и дорожной одежды
4060	Обочина	Модель обочины и её укрепления
4070	Разделительная полоса	Модель разделительной полосы
<b>5000</b>	<b>Группа «Водоотвод»</b>	<b>Технические средства организации водоотвода</b>
5010	Продольный водоотвод	Модель лотков, канав и иного продольного водоотвода
5020	Водосбросные лотки	Модель водосбросных лотков
5030	Ливневая канализация	Элемент, описывающий технические характеристики и конструктив ливневой канализации и её составных частей
5040	Система водоочистки	Элемент, описывающий технические характеристики и конструктив системы водоочистки ливневой канализации и её составных частей
<b>6000</b>	<b>Группа «ИССО»</b>	<b>Искусственные сооружения</b>
6010	Мостовое сооружение	Элемент, описывающий технические характеристики и конструктив моста и его составных частей
6020	Водопропускная труба	Элемент, описывающий технические характеристики и конструктив трубы и её составных частей
6030	Подпорная стенка	Модель подпорной стенки
6040	Тоннель	Элемент, описывающий технические характеристики и конструктив тоннеля и его составных частей
6050	Железнодорожный переезд	Элемент, описывающий технические характеристики и конструктив ж/д переезда
<b>7000</b>	<b>Группа «Инженерное обустройство</b>	
7100	Группа ОДД	Составной элемент из нескольких взаимосвязанных элементов обустройства, реализующих решение по локальной организации движения (например, на перекрёстке)
7110	Стойка элементов ОДД	Стойка или группа стоек для крепления знаков, светофоров и иных элементов ОДД
7120	Дорожный знак	Отдельный дорожный знак (кроме знаков переменной информации)
7130	Элемент горизонтальной разметки	Модель горизонтальной дорожной разметки

Таблица 1 (продолжение). Перечень основных элементов информационной модели автомобильной дороги

ЭЛЕМЕНТ МОДЕЛИ		ПРИМЕЧАНИЕ
7140	Элемент вертикальной разметки	Модель вертикальной дорожной разметки
7150	Набор сигнальных столбиков	Составной элемент из нескольких сигнальных столбиков, отмечающих одну опасную зону
7151	Сигнальный столбик	Отдельный сигнальный столбик
7160	Светофорный объект	Составной элемент из связанных светофоров, реализующий единый цикл в рамках локальной организации движения (например, на перекрёстке)
7161	Светофор	Отдельный индикатор светофорного объекта
7170	Барьерное ограждение	Модель барьерного ограждения
7180	Освещение	Составной элемент из опор (мачт) освещения
7181	Источник света	Модель лампы, прожектора
7182	Опора освещения	Модель опоры освещения
7200	Интеллектуальная транспортная система	Группа элементов, относящаяся к интеллектуальным транспортным системам
7210	Знак переменной информации	Модель знака переменной информации
7220	Дорожная видеокамера	Модель дорожной видеокамеры
7230	Система связи	Элемент, описывающий технические характеристики и конструктив системы связи и её составных частей
7240	...	...
8000	Группа «Сервис»	Объекты придорожного сервиса
8010	Автобусная остановка	Модель автобусной остановки
8020	Автозаправочная станция	Модель автозаправочной станции
8030	...	...
9000	Группа «Транспортно-эксплуатационная информация»	Данная группа элементов является новой для BIM, но широко применяющейся на этапе эксплуатации автомобильных дорог
9100	Данные диагностики	Первичные измеряемые переменные параметры автомобильных дорог (ровность, прочность, сцепление, дефекты и т.п.)
9200	Данные содержания	Информация о методике содержания, планах и графиках работ, подрядчиках и фактах выполнения работ
9300	Данные безопасности	Первичная информация по безопасности дорожного движения (аварийность, метеосостояние, временные ограничения и т.п.)
9400	Данные транспортной работы	Первичная информация по транспортной работе (интенсивность, скорость ТС, треки движения отслеживаемых ТС и т.п.)

мализации требований к элементам и видам моделей на разных этапах жизненного цикла.

## 2. Уровни проработки (LOD)

В качестве отправной точки для формального определения уровней проработки в дорожной отрасли мы проанализировали последний проект спецификации LOD [10] как наиболее качественный и последовательный пример для зданий.

В данном стандарте представлены следующие уровни проработки и требования к наличию и характеру описания элементов модели:

**LOD 100.** Элементы модели представлены графически условным знаком или иным начертательным способом. По сути, это эскиз.

**LOD 200.** Элементы модели представлены геометрически как обобщённые объекты BIM, обобщённые системы (комплексные объекты, например водопровод) или группы объектов с приблизительными размерами и положением. По сути, это «концептуальная модель», но уже выполненная из BIM-объектов.

**LOD 300.** Элементы модели представлены геометрически как конкретные объекты BIM, конкретные системы или группы объектов с точными размерами и положением. По сути, это проектная модель стадии «П».

**LOD 350.** Элементы модели представлены геометрически как конкретные объекты BIM, конкретные системы или группы объектов с точными размерами и положением, а также во взаимосвязи с другими элементами

модели. По сути, это тоже проектная модель стадии «П», отличающаяся от LOD 300 наличием связей между элементами.

**LOD 400.** Элементы модели представлены геометрически как конкретные объекты BIM, конкретные системы или группы объектов с точными размерами и положением, а также с уточнённой детализацией, исполнением, способом монтажа. По сути, это проектная модель стадии «Р».

**LOD 500.** Элементы модели уточнены по размерам, форме, положению — с учётом того, как они реально построены. По сути, это модель, уточнённая по исполнительной съёмке. Здесь также используется синоним «As Build» — «как построено».

Уровни проработки выражаются в требованиях по форме и полноте



представления элементов модели на всех уровнях проработки.

Применительно к автомобильным дорогам мы предлагаем следующие определения уровней проработки, максимально приблизив их к спецификации [3].

**LOD 100 «Модель территориального планирования».** Элементы модели представляются схематично графическими условными знаками или иным начертательным способом (рис. 1). Связанная информация (например, категория дороги, ожидаемая транспортная работа и т.п.) может браться из других элементов модели (например, отдельных подписей). Данный уровень проработки применим к таким этапам, как «Разработка схем территориального планирования», «Разработка программы развития сети автомобильных дорог» и аналогичным.

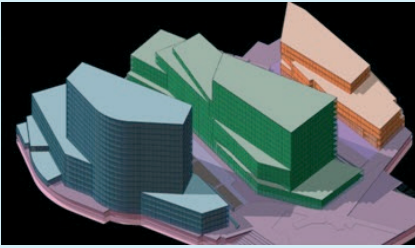
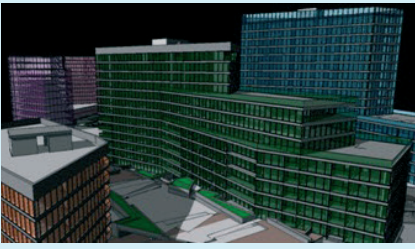

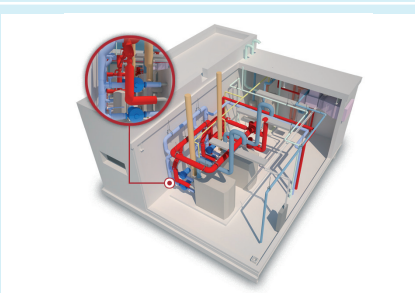
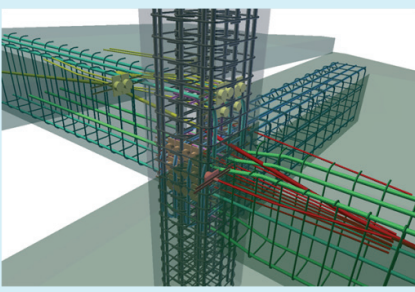

**LOD 200 «Модель планировки территории».** Элементы модели представляются геометрически при помощи специальных объектов (например, трасс, мостов и пр.) или групп объектов с приблизительными размерами, положением и ориентацией (рис. 2). С элементами может быть связана неграфическая информация. Данный уровень проработки применим к таким этапам, как «Обоснование инвестиций», «Технико-экономическое обоснование», «Проекты планировки».

**LOD 300 «Инженерная модель».** Элементы модели представляются геометрически при помощи специальных объектов или групп с точными размерами, положением и ориентацией (рис. 3). Элементы модели взаимозавязаны с другими элементами модели (например, примыкания по высоте увязаны с основным направлением). С элементами может быть связана неграфическая информация. Данный уровень проработки применим к таким этапам, как «Инженерный проект», «Сметный расчёт».

**LOD 350 «Производственная модель».** Элементы модели представляются геометрически при помощи специальных объектов или групп с точными размерами, положением, ориентацией, количеством — с указанием детализации, способа устройства (укладки, сборки, монтажа) (рис. 4). С элементами может быть связана

Таблица 2. Уровни проработки зданий.

Иллюстрации с сайтов [www.allthingsbim.com](http://www.allthingsbim.com), [mep.trimble.com](http://mep.trimble.com)

LOD	ОПИСАНИЕ	ПРИМЕР
LOD 100	Элемент модели может быть представлен в виде объёмных формообразующих элементов с приблизительными размерами, формой, пространственным положением и ориентацией или в виде символа.	
LOD 200	Элемент модели представлен в виде объекта или сборки как характерный представитель системы здания с приблизительными размерами, формой, пространственным положением, ориентацией и необходимой неграфической информацией.	
LOD 300	Элемент модели представлен в виде объекта или сборки принадлежащей конкретной системе здания с точными размерами, формой, пространственным положением, ориентацией и необходимой неграфической информацией.	
LOD 350	Элемент модели представлены в виде объекта или сборки аналогично LOD 300, а также дополнительно с учётом взаимосвязей между разными системами, находящимися в здании (например, взаимосвязь между инженерными коммуникациями и конструктивными элементами)	
LOD 400	Элемент модели представлен в виде конкретной сборки с детальными размерами, формой, пространственным положением, ориентацией, чёткими связями, данными по изготовлению и монтажу, а также другой необходимой неграфической информацией.	
LOD 500	Элемент модели представлен в виде конкретной сборки с фактическими размерами, формой, пространственным положением, ориентацией, и неграфической информацией достаточной для передачи модели в эксплуатацию.	



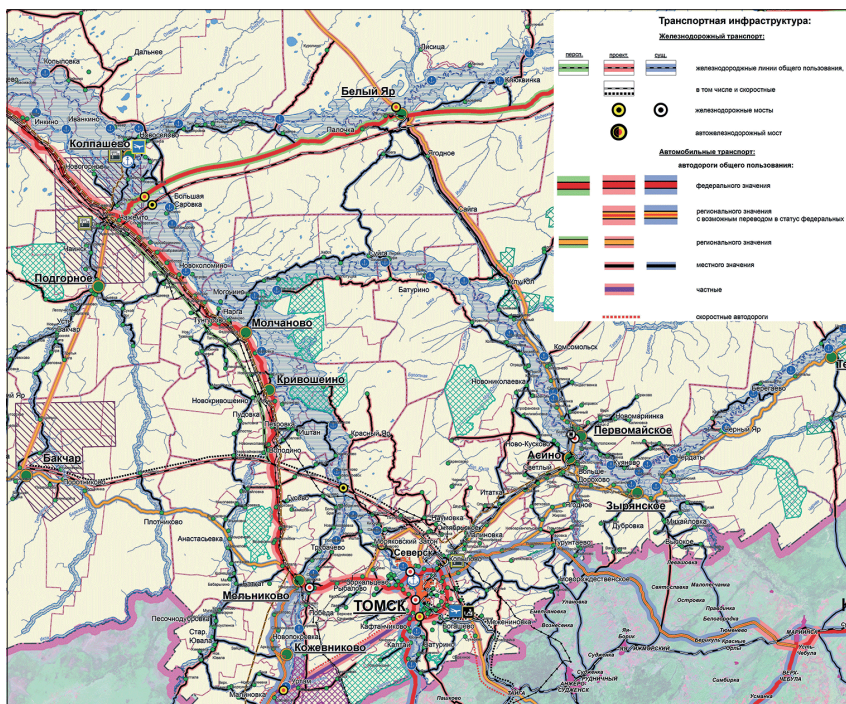


Рис. 1. Схема территориального планирования. Транспортная схема (с сайта tomsk.gov.ru)



Рис. 2. Концептуальное проектирование трассы автомобильной дороги (с сайта korfin.de)



Рис. 3. Инженерный проект автомобильной дороги (с сайта indorsoft.ru)

неграфическая информация. Данный уровень проработки применим к таким этапам, как «Проект организации строительства», «Проект производства работ».

**LOD 400 «Расширенная производственная модель».** Элементы модели представляются параметрически, как в LOD350. Дополнительно появляются частные модели для ДСМ («Задание для САУ») и уточнения по разбивке, закладкам и деталям монтажа инженерного обустройства.

**LOD 500 «Эксплуатационная модель».** Элементы модели представлены положением, размером, формой, ориентацией, количеством — по результатам исполнительной съёмки. С элементами может быть связана неграфическая информация. Данный уровень проработки применим к этапу эксплуатации и всей совокупности задач этапа: паспортизации, инвентаризации, диагностике, содержанию, разработке ПОДД, управлению безопасностью дорожного движения и подобными. Рассмотрим данный уровень подробнее.

### 3. Уровни проработки модели на этапе эксплуатации

В дорожной отрасли процесс эксплуатации автомобильных дорог является очень насыщенным процедурами принятия решений и различными работами по содержанию. Всё это требует адекватного информационного сопровождения на базе единой модели автомобильной дороги, учитывающей как постоянные параметры элементов модели, так и переменные, которые требуют накопления и анализа в привязке к постоянной структуре. Исходя из анализа опыта интеграции информационных систем и моделирования автомобильных дорог на стадии эксплуатации [9, 11] предлагается утвердить следующий принцип структурирования информационных моделей для этапа эксплуатации. Информационная модель сети дорог этапа эксплуатации должна иметь две части:

■ **1. «Геоинформационный паспорт дороги»:** Элементы модели представлены географическим положением, размером, формой, ориентацией и количеством — постоянные элементы дороги (рис. 5). Обновление происходит в момент приёмки работ по строи-



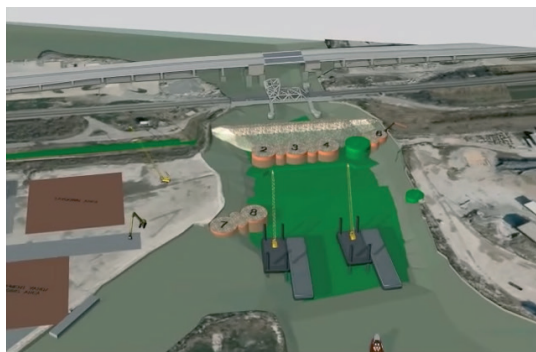


Рис. 4. Визуализация проекта производства работ мостового перехода (с сайта synchro ltd.com)

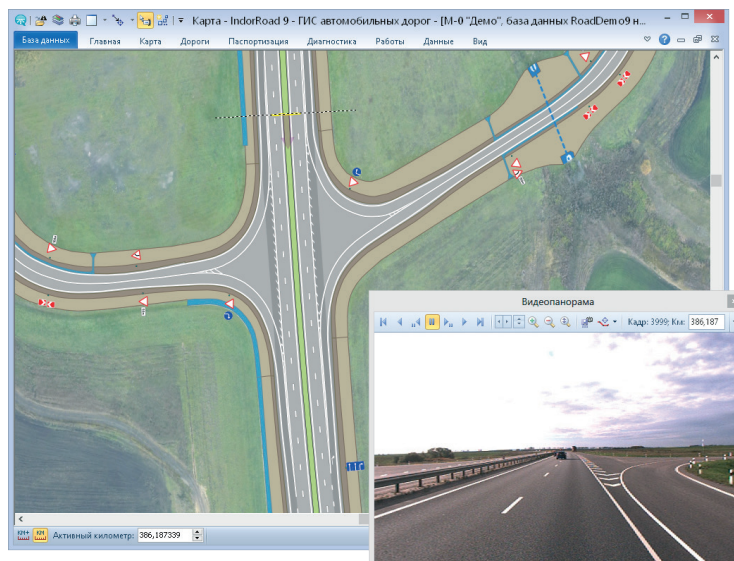


Рис. 5. Просмотр видеопанорамы в системе Indoroad

Рис. 6. Картограмма результатов диагностики в системе Indoroad

тельству и производится на основании передаваемой модели более ранней стадии, проверенной по результатам исполнительной съёмки и строительного контроля. Геоинформационный паспорт должен также включать в себя информацию следующих используемых в дорожной деятельности документов:

- а. паспорт дороги согласно ВСН 1–83 [12];
- б. проект организации дорожного движения согласно «Порядку разработки...» [13];
- в. паспорт искусственного сооружения согласно «Временной инструкции...» [14].

■ **2. «Эксплуатационный паспорт дороги»** — тоже, что и Геоинформационный паспорт, с добавлением переменных параметров, в том числе информации из следующих источников:

- а. исходные данные диагностики дорог (ровность, прочность, сцепление, дефекты и т.п.) (рис. 6);
- б. дорожно-транспортные происшествия;
- в. интенсивность и состав дорожного движения;
- г. сведения по обследованиям искусственных сооружений.

## Заключение

Таким образом, мы формализовали уровни проработки при развитии

модели автомобильной дороги. При этом сохранилась смысловая преемственность со спецификациями LOD, формально описываемыми в BIM, и с видами информации, используемыми при эксплуатации автомобильных дорог.

В дальнейшей работе планируется разработать для всех элементов информационной модели автомобильной дороги (таблица 1) перечень требований по форме их представления и полноте на представленных уровнях проработки. ■

### Литература:

1. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14.
2. Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12–21.
3. Level of Development Specification // Bimforum 2013. URL: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf> (дата обращения: 03.06.2015).
4. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23.
5. ГОСТ Р 21.1101–2013. Основные требования к проектной и рабочей документации.

6. СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85.
7. Скворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 22–32.
8. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 98–102.
9. Сарычев Д.С. Проект дорожной методики по сбору, хранению и обновлению данных ГИС // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 103–109.
10. Level of Development Specification. Version 2015-Draft // Bitforum 2015. URL: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2015/04/Files.zip> (дата обращения: 22.06.2015).
11. Сарычев Д.С. Решение прикладных дорожных задач с применением ГИС // Дорожная держава. 2010. №29. С. 30–31.
12. Типовая инструкция по техническому учёту и паспортизации автомобильных дорог общего пользования. ВСН 1–83. М.: Транспорт, 1983.
13. Порядок разработки и утверждения проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах. М., 2006. 21 с.
14. Временная инструкция по диагностике мостовых сооружений на автомобильных дорогах. Государственная служба дорожного хозяйства Минтранса России. М., 2003. 160 с.