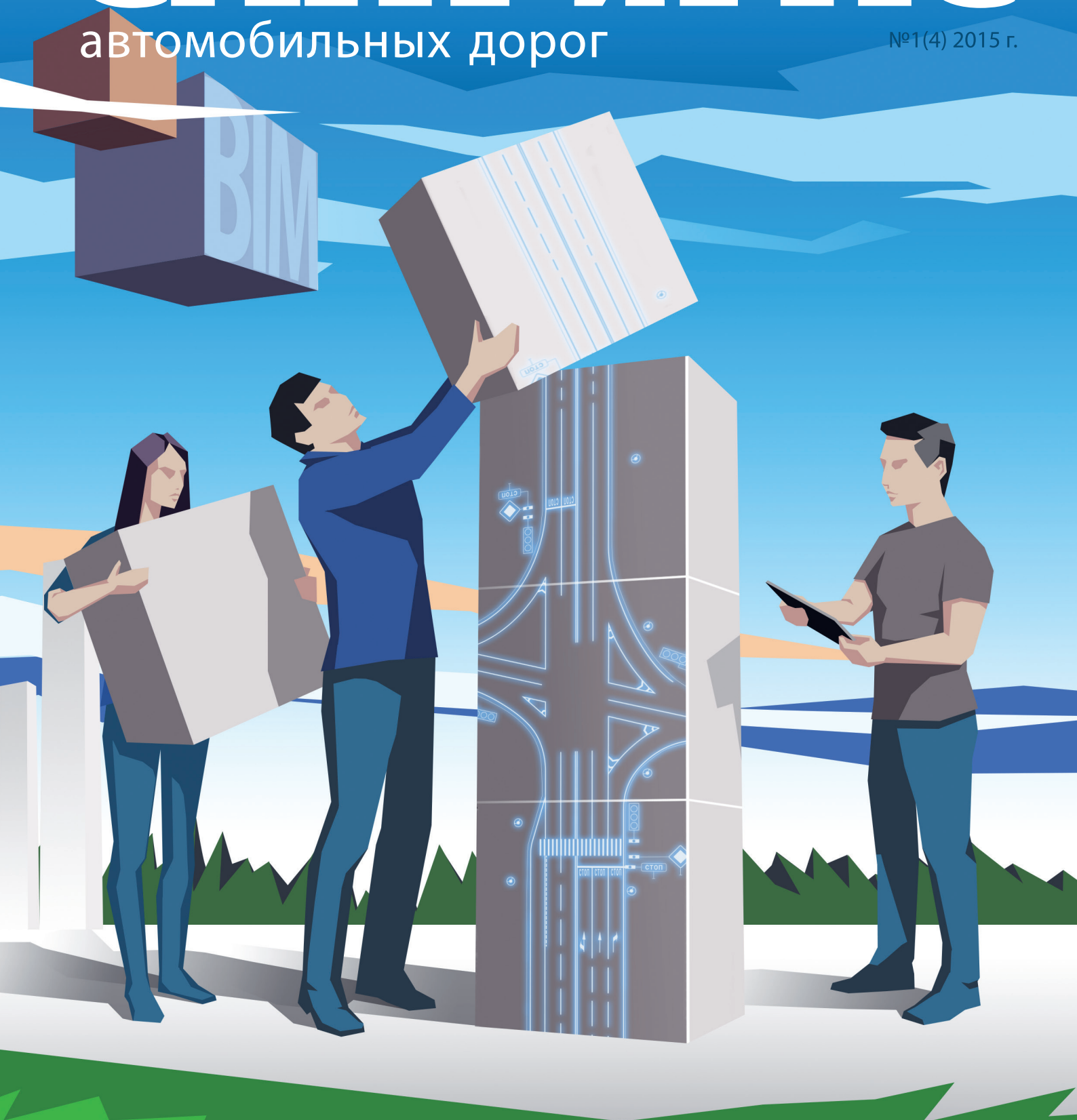


САПР и ГИС

автомобильных дорог

№1(4) 2015 г.



Тема номера: **ИНФОРМАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ**



IndorCAD/Road Maximal

Система автоматизированного проектирования
автомобильных дорог

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



От главного редактора



Из номера в номер растёт интерес дорожного сообщества к концепции BIM. Это заставляет нас всё глубже изучать и разбираться в том, что уже имеется в мире и как это применимо в наших с вами реалиях. Секцию, ранее называвшуюся «САПР и ГИС» мы назвали «BIM» — это позволяет шире рассматривать взаимосвязи между различными семействами систем автоматизации инженерной деятельности.

В секции BIM рассматривается жизненный цикл автомобильной дороги в контексте информационного моделирования, освещается вопрос технического регулирования информационного моделирования для объектов инфраструктуры, обозревается вопрос применимости BIM-технологий в дорожной отрасли. Рассматриваются структуры и уровни проработки информационных моделей автомобильных дорог.

В секции САПР анализируются возможности популярных в России и странах СНГ систем автоматизированного проектирования в части проектирования объектов дорожного сервиса. Обозреваются вопросы применения систем автоматизированного управления дорожно-строительной техникой. Рассматриваются вопросы создания программного алгоритма автоматизированного проектирования пролётных строений

автодорожных деревянных мостов. Приводится анализ основных схем кольцевых пересечений в разных уровнях на предмет безопасности движения, а также стоимости строительства и нормативной обеспеченности.

В секции ГИС приводится описание создания системы управления дорогами CARMAN. Рассматривается задача формирования единого координатного пространства для объектов Государственной компании «Российские автомобильные дороги», в качестве решения которой предлагается создание ведомственной опорной геодезической сети. Рассматривается вопрос применения современных мобильных устройств при обследовании дорог.

Персона номера — Сарычев Дмитрий Сергеевич, директор по стратегическому развитию компании «ИндорСофт».

Также вашему вниманию предлагается статья-экскурс в историю создания дорожных одежд — от древней Америки и Рима до нашего времени.

От лица редакции журнала желаю вам интересного чтения. Если статьи журнала вызывают вопросы, пишите к нам в редакцию, будем рады ответить. Также будем рады опубликовать и ваше мнение.

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
Журнал зарегистрирован
в системе **РИНЦ: eLIBRARY.ru**



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

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Бойков Владимир Николаевич, д.т.н.
Скворцов Алексей Владимирович, д.т.н., проф.
Сарычев Дмитрий Сергеевич, к.т.н.
Елугачёв Павел Александрович, к.т.н.
Петренко Денис Александрович

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 — 1 000 экз. Формат 210×297

BIM

- 4** Жизненный цикл проектов
автомобильных дорог в контексте
информационного моделирования
Скворцов А.В., Сарычев Д.С.
- 16** Модели данных BIM для
инфраструктуры
Скворцов А.В.
- 24** Применимость BIM-технологий
в дорожной отрасли
Баранник С.В.
- 30** Элементы моделей автомобильных
дорог и уровни проработки
как основа требований к
информационным технологиям
Сарычев Д.С., Скворцов А.В.

САПР

- 38** Проектирование объектов
придорожного сервиса в прикладных
САПР АД
Поспелов П.И., Щит Б.А., Пуркин А.В., Овчинников М.А.,
Вершков А.А., Зобнин М.Н., Жуков А.В., Елугачев П.А.,
Катасонов М.А., Величко Г.В., Сикорская Л.И.
- 56** Цифровые модели для систем
управления дорожно-строительными
машинами
Гулин В.Н.
- 60** Исследование многообразия
схем и нормативов кольцевых
пересечений в разных уровнях
Елугачёв П.А., Елугачёв М.А.
- 64** Программное обеспечение
вариантного проектирования
пролётных строений автодорожных
деревянных мостов
Гостев А.Е.

ГИС

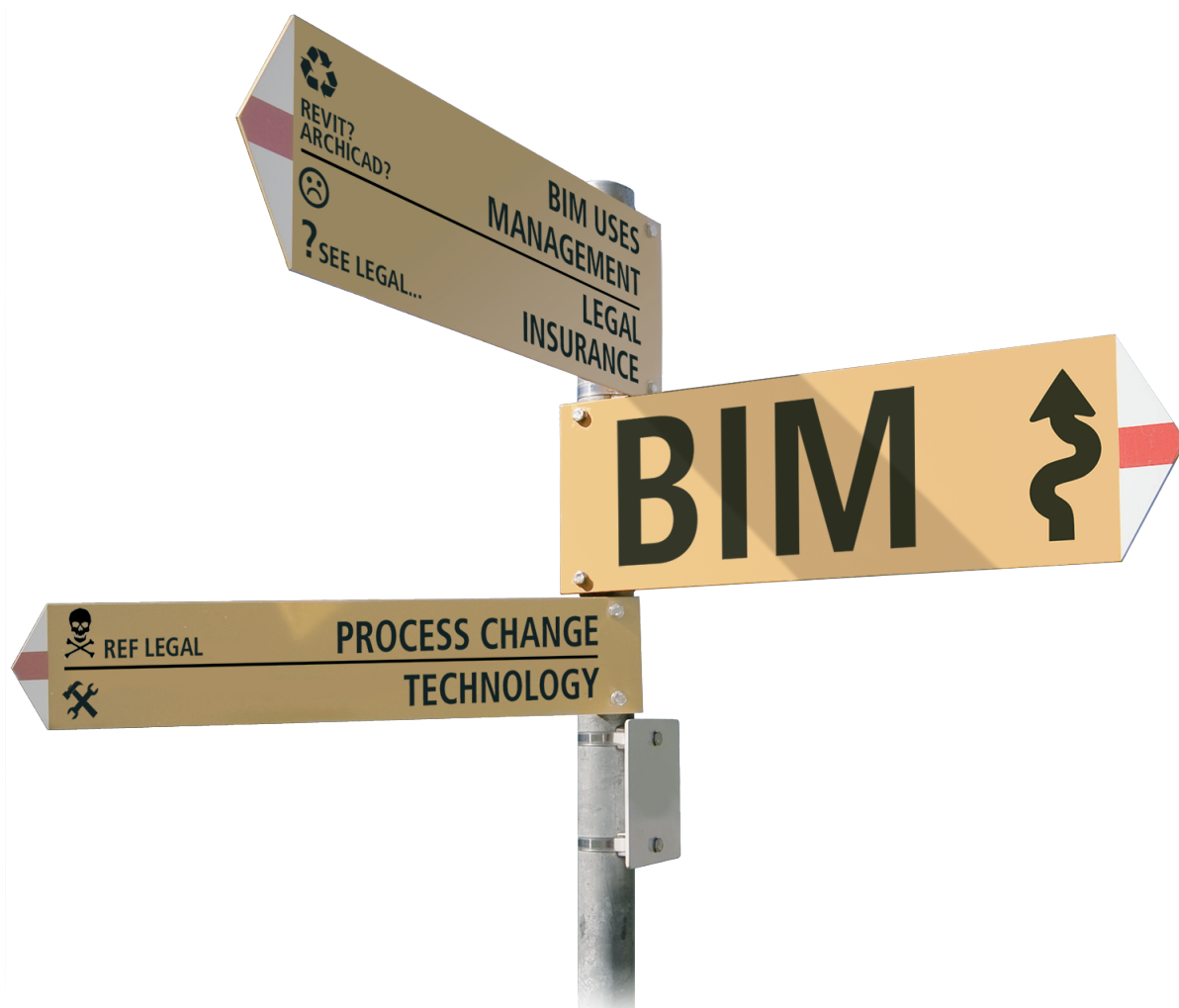
- 69** Компьютеризированная система управления дорогами Архангельской области CARMAN (Computer Aided Road Management System)
Пономарёв Е.Г.
- 75** Проблема обеспечения единого координатного пространства для объектов дорожной отрасли
Гулин В.Н., Миронов С.А., Неретин А.А.
- 83** Применение современных мобильных устройств при обследовании автомобильных дорог
Багдасарян А.А., Бакаев В.А.

ПЕРСОНА

- 86** Персона: Сарычев Дмитрий Сергеевич. Великий стратег
интервьюировали Дмитриенко В.Е., Кривых И.В.

ОБЩЕСТВО

- 93** История дорожных одежд
Кузнецова А.П.



Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования



DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1

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

Рассматривается жизненный цикл автомобильной дороги в контексте информационного моделирования. Предлагается рассматривать жизненный цикл не в виде последовательных этапов жизни всей дороги, а в виде совокупности жизненных циклов проектов (видов дорожной деятельности), одновременно происходящих на дороге. Это позволяет сформулировать более чёткие требования к информационным моделям, используемым на разных этапах жизненного цикла проектов на дороге, в частности, разрешить проблему разнородности одновременно используемых моделей данных САПР и ГИС на автомобильной дороге.

Предлагается новая классификация этапов жизненного цикла проектов на дороге, адаптированная под цели и задачи информационного моделирования:

- 0) стратегическое планирование,
- 1) территориальное планирование,
- 2) планировка территории,

- 3) инженерное проектирование,
- 4) рабочее проектирование,
- 5) подготовка строительства,
- 6) строительство,
- 7) приёмка работ и ввод в эксплуатацию,
- 8) приёмка или снятие с баланса.

Предлагается классификация и терминология уровней проработки моделей данных для информационного моделирования автомобильных дорог:

- 1) модель территориального планирования,
- 2) модель планировки территории,
- 3) инженерная модель,
- 4) рабочая модель,
- 5) производственная модель,
- 6) исполнительная модель,
- 7) эксплуатационная модель.

1. Введение

В последние годы в мире широко начала применяться технология информационного моделирования зданий (BIM, англ. Building Information Modelling). Несмотря на то что изначально информационное моделирование родилось как новая ступень развития идеологии архитектурных систем автоматизированного проектирования (САПР), в настоящее время BIM широко применяется для комплексного проектирования и эксплуатации широкого класса зданий и сооружений. В определённый момент времени аббревиатура BIM стала расшифровываться (и переводиться на другие языки) как предназначенная не только для зданий (англ. building — «здание»), но и в целом для всех объектов капитального строительства (англ. building также переводится как «строительство»), включая такие инфраструктурные объекты, как автомобильные дороги.

Изначально такое обобщение BIM на инфраструктуру выглядело весьма многообещающим. В большинстве научной литературы и во многих стандартах для управления инфраструктурой предлагалось использовать аналогичные подходы для зданий, не сильно вдаваясь в детали.

Так, в National BIM Standard v1.0 (США), выпущенном ещё в 2007 г., технология BIM излагалась в терминах зданий, однако цели и идеология уже выражались более широко — с инфраструктурных позиций [1].

Более поздние стандарты (например, наиболее популярные сейчас

в мире PAS 1192-2:2013 [2] и PAS 1192-3:2014 [3], выпущенные в 2013–2014 гг.) уже явно излагали цели, задачи и методы по отношению ко всем инфраструктурным объектам, приводя в качестве примеров, как правило, здания и автомобильные дороги.

Тем не менее, реальное применение BIM для автомобильных дорог сдерживается рядом объективных факторов, в числе которых наиболее важны два:

- отсутствие стандартов для информационного моделирования автомобильных дорог;
- существенные различия в схеме управления зданиями и сетями дорог, особенно в российских реалиях.

Первому вопросу (разработке BIM-стандартов для автомобильных дорог, таких как IFC Alignment, IFC Roads, IFC Bridge, IFC Tunnel) посвящены работы автора [4–7].

Настоящая статья посвящена второму вопросу, в частности, рассматривается соответствие между концепцией жизненного цикла в PAS 1192-2:2013 и существующей схемой управления дорожным хозяйством в Российской Федерации, а также предлагается новая концепция этапов жизненного цикла и необходимая терминология.

2. Жизненный цикл в существующих стандартах BIM

В концепции BIM используется несколько концепций жизненного цикла объектов строительства. Некоторые из них представляются довольно условно,

другие же проработаны достаточно глубоко.

В National BIM Standard v1.0 жизненный цикл объекта строительства представлен в виде спирали, каждый виток которой соответствует одному выполняемому проекту [1]. Каждый проект в пределах витка спирали может состоять из следующих этапов жизненного цикла (рис. 1):

- Locate — определение целей проекта;
- Plan — планирование и постановка задач;
- Design — проектирование;
- Build — строительство;
- Operate — эксплуатация;
- Renovate — обновление (ремонт, реконструкция);
- Dispose — ликвидация.

Данный жизненный цикл слишком абстрактен даже для зданий, не говоря уже об автомобильных дорогах. По большому счёту здесь строительство и эксплуатация здания представляется как единый проект с общими целями и задачами.

Более глубокая проработка концепции жизненного цикла представлена в семействе стандартов PAS 1192 (части 2 и 3). Так, здесь в явном виде введено деление жизненного цикла на крупные стадии первоначального строительства и последующей эксплуатации (рис. 2) и дана подробная детализация информационных потоков на разных этапах жизненного цикла (рис. 3–4).

В стандарте PAS 1192-2 также вводится понятие уровня определения

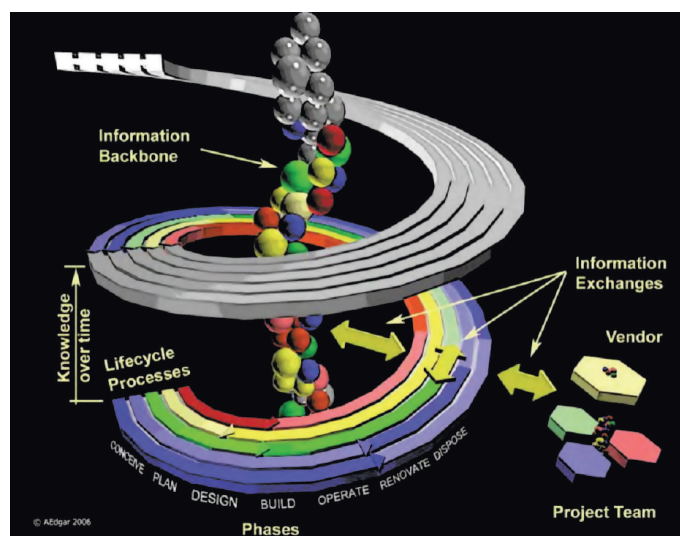


Рис. 1. Спираль жизненного цикла проектов в National BIM Standard v1.0

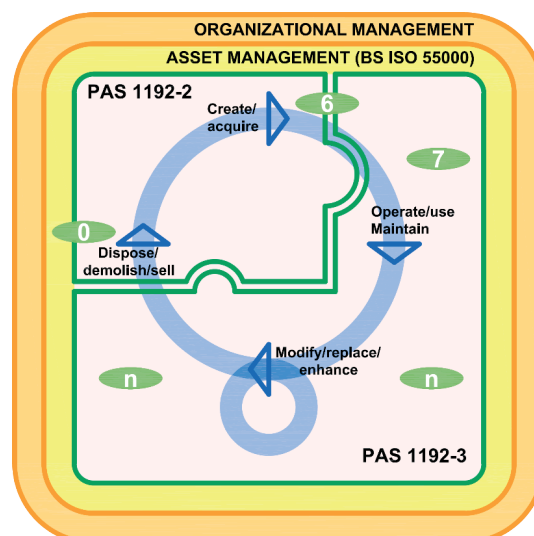


Рис. 2. Обобщённые этапы жизненного цикла проектов в PAS 1192-2 и PAS 1192-3

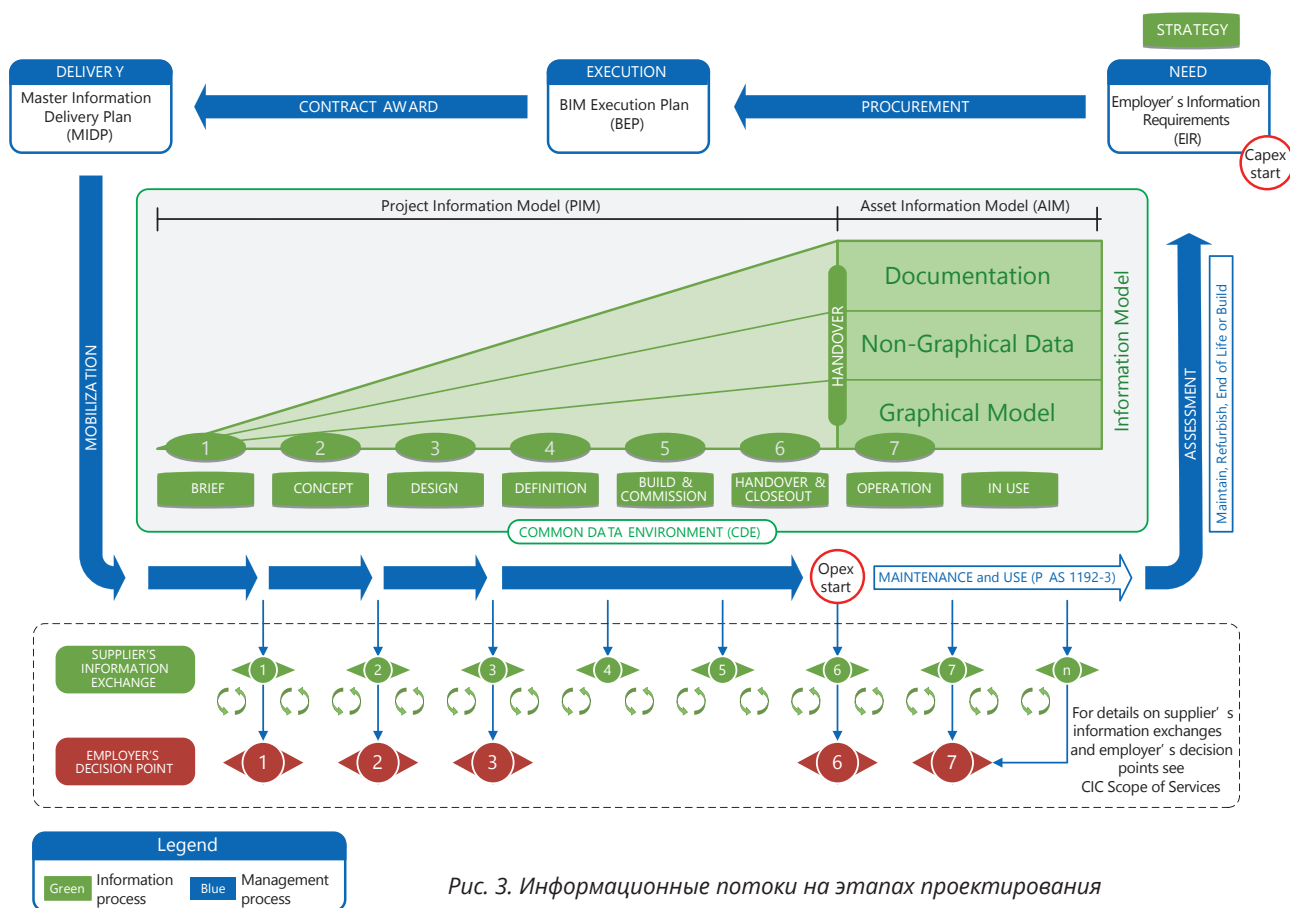


Рис. 3. Информационные потоки на этапах проектирования и строительства в PAS 1192-2

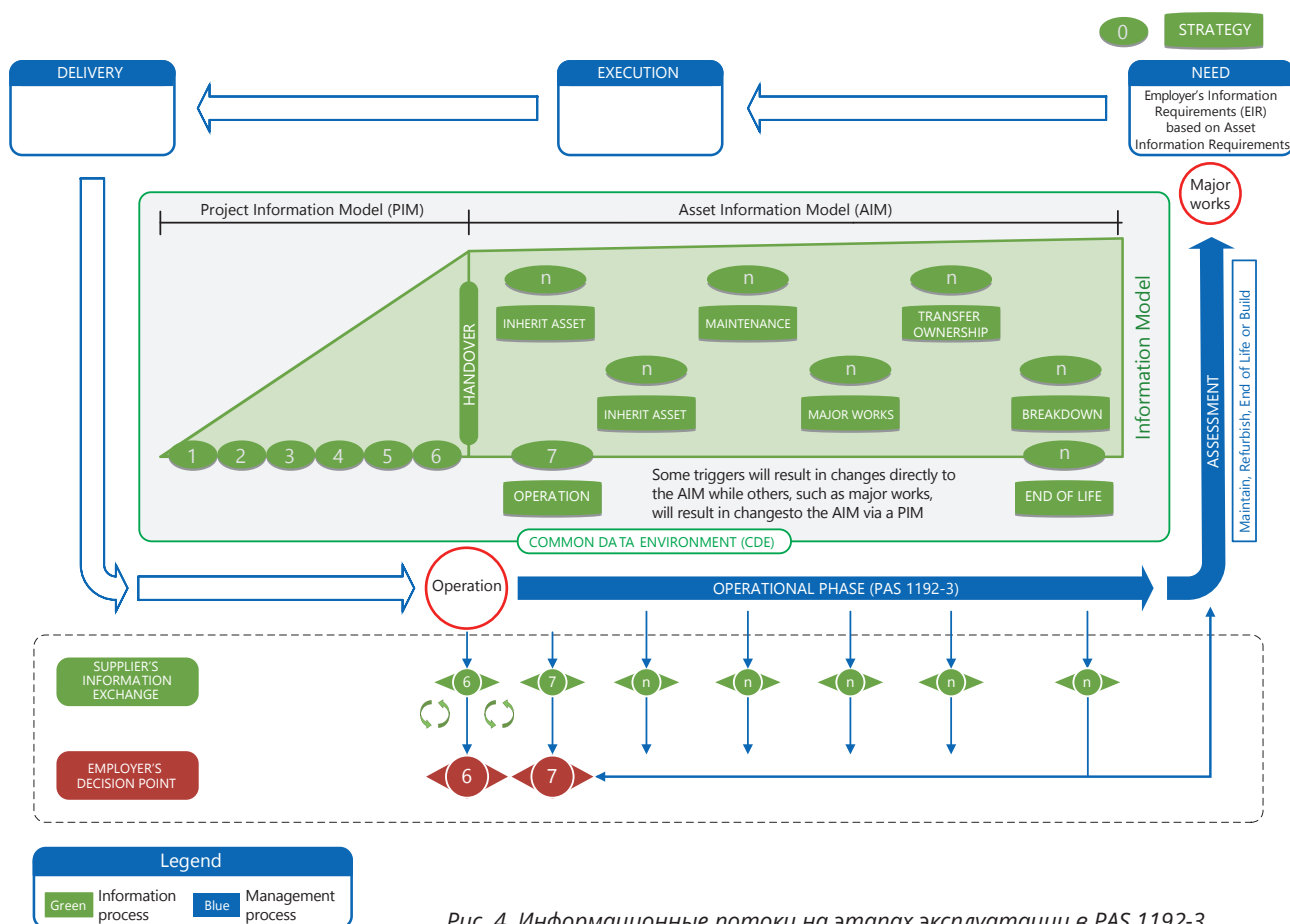


Рис. 4. Информационные потоки на этапах эксплуатации в PAS 1192-3

...учитывая, что стандарты семейства PAS 1192 наиболее широко используются в мире, представляется целесообразным выбрать именно этот стандарт в качестве референтного для разработки модели жизненного цикла автомобильных дорог.

BIM-модели (англ. LOD — level of definition). Жизненный цикл в этом стандарте состоит из следующих этапов:

0. Strategy — определение стратегии создания и управления объектом строительства. Результатом данного этапа являются управленческие решения, запускающие те или иные виды проектов по строительству и эксплуатации.

1. Brief — определение целей и стратегии реализации проекта. Результатом данного этапа является BIM-модель уровня детализации *Brief*.

2. Concept — определение целей и стратегии реализации проекта. Результатом данного этапа является BIM-модель уровня детализации *Concept*.

3. Definition — определение общей модели проектируемого объекта без подробной детализации, однако достаточной для проведения анализа, оценки стоимости и предварительного поиска подрядчиков. Результатом данного этапа является BIM-модель уровня детализации *Developed design*.

4. Design — определение детальной инженерной модели проекта, которая может использоваться для проверки соответствия нормативам, разработки последовательности реализации проекта и поиска подрядчиков. Результатом данного этапа является BIM-модель уровня детализации *Production*.

5. Build & Commission — строительство и ввод в эксплуатацию. На данном этапе подрядчик перед строительством дорабатывает BIM-модель до уровня детализации *Installation*, дополнительно включающего сведения о проектных моделях, сформированных субподрядчиками.

6. Handover & closeout — передача на баланс заказчика и закрытие проекта. Результатом данного этапа является BIM-модель уровня детализации *As construction*, включающая информацию, достаточную для эксплуатации объекта.

7. Operation — эксплуатация объекта. На данном этапе используется и постоянно обновляется BIM-модель

уровня детализации *In use*, формируемая на основе модели уровня детализации *As construction* в некоторые периоды времени при существенном изменении объекта, включающая информацию, достаточную для эксплуатации объекта.

Следует отметить, что данная модель жизненного цикла наиболее проработана по сравнению с другими BIM-стандартами. Кроме того, учитывая, что стандарты семейства PAS 1192 наиболее широко используются в мире, представляется целесообразным выбрать именно этот стандарт в качестве референтного для разработки модели жизненного цикла автомобильных дорог.

3. Уровни проработки BIM-моделей

Большинство концепций жизненного цикла в информационном моделировании подразумевает, что каждый этап жизненного цикла завершается получением информационной модели некоторой степени проработки (англ. LOD — Level of Detail, Level of Definition, Level of Development, Level of Model Detail; также иногда используется близкие по значению англ. DOD — Depth of Detail и англ. LOI — Level of Information). Как правило, каждая следующая модель (в течение жизненного цикла) является усовершенствованной версией предыдущей модели. Исключением является стадия эксплуатации, где эксплуатационная модель не наследует все данные из проектной модели.

С точки зрения жизненного цикла в информационном моделировании LOD представляет собой набор требований к геометрическому и информационному составу модели данных. В отечественной практике это всё входит в состав технического задания.

Подробные спецификации уровней проработки (LOD) представлены в специальных документах, являющихся развитием базовых BIM-стандартов.

В настоящее время в мире используется несколько основных

концепций уровней проработки. Исторически самая первая модель последовательной проработки (Model Progression Specification) была представлена в 2004 г. компанией Vico Software. Соответствующие уровни расшифровывались как LOD — Level of Detail (англ. «уровни детализации»). В дальнейшем на основе этого подхода Американским институтом архитектуры (The American Institute of Architects) была создана усовершенствованная версия стандарта, которая была принята в 2008 г. в качестве стандарта, известного как протокол AIA E202-2008. В настоящее время действует усовершенствованная версия этого стандарта E203-2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit [8].

В стандарте AIA E203-2013 определено пять базовых уровней проработки информационных моделей: LOD100, LOD200, LOD300, LOD400 и LOD500. В документе [9] добавлен ещё один промежуточный уровень LOD350, необходимый для полноценной оценки проекта потенциальными подрядчиками при организации конкурсных торгов на строительные работы.

Ниже дано их краткое описание и соответствие концепции PAS 1192-2 (рис. 5):

LOD100 — объекты представляются эскизно с приблизительной формой и местоположением. Соответствует уровню *Brief* в PAS 1192-2.

LOD200 — объекты представляются в виде типовых объектов с приблизительным местоположением, а также с некоторой неграфической информацией. Соответствует уровню *Concept* в PAS 1192-2.

LOD300 — объекты представляются с точными размерами, местоположением и связями, а также с необходимой неграфической информацией. Соответствует уровню *Developed Design* в PAS 1192-2.

LOD350 — помимо модели LOD300, может включать в себя некоторые требования по технологии производства работ и увязке с внешними инженер-

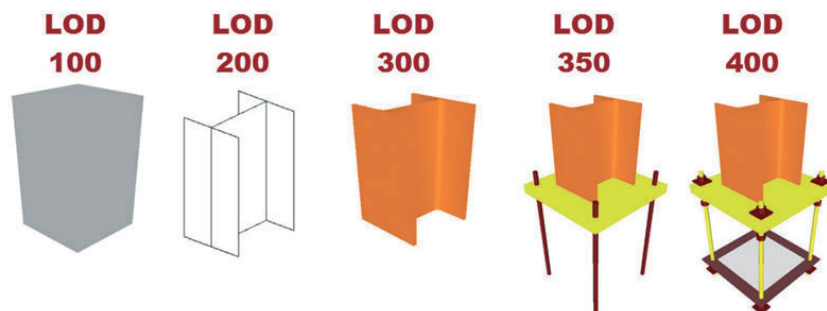


Рис. 5. Уровни проработки в AIA E203–2013

ными сетями. Соответствует уровню Production в PAS 1192-2.

LOD400 — объекты представляют с точными размерами, местоположением, чёткими связями, данными по изготовлению и монтажу, а также с необходимой неграфической информацией. Соответствует уровню Installation в PAS 1192-2.

LOD500 — объекты представляются с фактическими размерами, место-

положением, связями, а также с необходимой неграфической информацией, в объёме, достаточном для эксплуатации. Соответствует уровню As construction в PAS 1192-2.

Точный состав требований к уровням проработки должен быть прописан для каждого вида проектируемого объекта. Например, рекомендованная спецификация для стандарта AIA E203–2013 представлена

в виде документа Level of Development Specification, Version 2013 [9]. В нём представлены требования к 104 видам объектов, объединённым в 7 групп: Substructure (фундамент), Shell (каркас), Interiors (интерьер), Services (инженерные сети), Equipment & Furnishing (оборудование и мебель), Special construction & demolition (специальные работы), Building Sitework (строительная площадка). Требования к каждому виду объекта оформлены в виде таблицы, пример которой приведён на рис. 6.

В контексте дорожного хозяйства отметим, что указанные выше концепции уровней проработки в настоящее время не адаптированы для автомобильных дорог, но показывают путь, по которому ещё надо пройти.

4. Предлагаемый жизненный цикл проектов дорожного хозяйства в контексте BIM

В законодательстве и нормативно-технической базе Российской Федерации уже существует ряд терминов, характеризующих различные этапы жизненного цикла (рис. 7) [10, 11]. Поэтому предпочтительным является использование именно их, а не различных новомодных слов, являющихся кальками с английского и во многих случаях затрудняющих понимание задач. При этом целесообразно выстроить соответствие отечественной терминологии зарубежной.

Важным недостатком моделей жизненного цикла проектов в существующих BIM-стандартах при попытке применения их в России является многозначность термина «проект» в отечественной нормативной базе и в целом в русском языке.

Дело в том, что исторически под термином «проект» в методологии BIM подразумевался весь жизненный цикл здания: от планирования и проектирования до строительства, эксплуатации и ликвидации. В дорожном же хозяйстве на одной дороге постоянно крутятся свои циклы проектов строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта. То есть с точки зрения общей методологии управления проектами всю дорогу можно рассматривать как некий большой проект, выполняющий некую транспортную работу и достигающий различных социально-экономических целей. С дру-

B1010.10 – Floor Structural Frame (Steel Framing Columns)

| | | |
|-----|---|--|
| 100 | Generic column element. See B1010. | |
| 200 | See B1010 | |
| 300 | Element modeling to include: <ul style="list-style-type: none"> Specific sizes of main vertical structural members modeled per defined structural grid with correct orientation Required non-graphic information associated with model elements includes: <ul style="list-style-type: none"> Structural steel materials defined. Connection details Finishes, i.e. painted, galvanized, etc. | |
| 350 | Element modeling to include: <ul style="list-style-type: none"> Actual elevations and location of member connections Large elements of typical connections applied to all structural steel connections such as base plates, gusset plates, anchor rods, etc. Any miscellaneous steel members with correct orientation Any steel structure reinforcement such as web stiffeners, sleeve penetrations, etc. | |
| 400 | Element modeling to include: <ul style="list-style-type: none"> Welds Coping of members Cap plates Washers, nuts, etc. All assembly elements | |

Рис. 6. Пример детальных требований к стальным опорным колоннам в Level of Development Specification, Version 2013

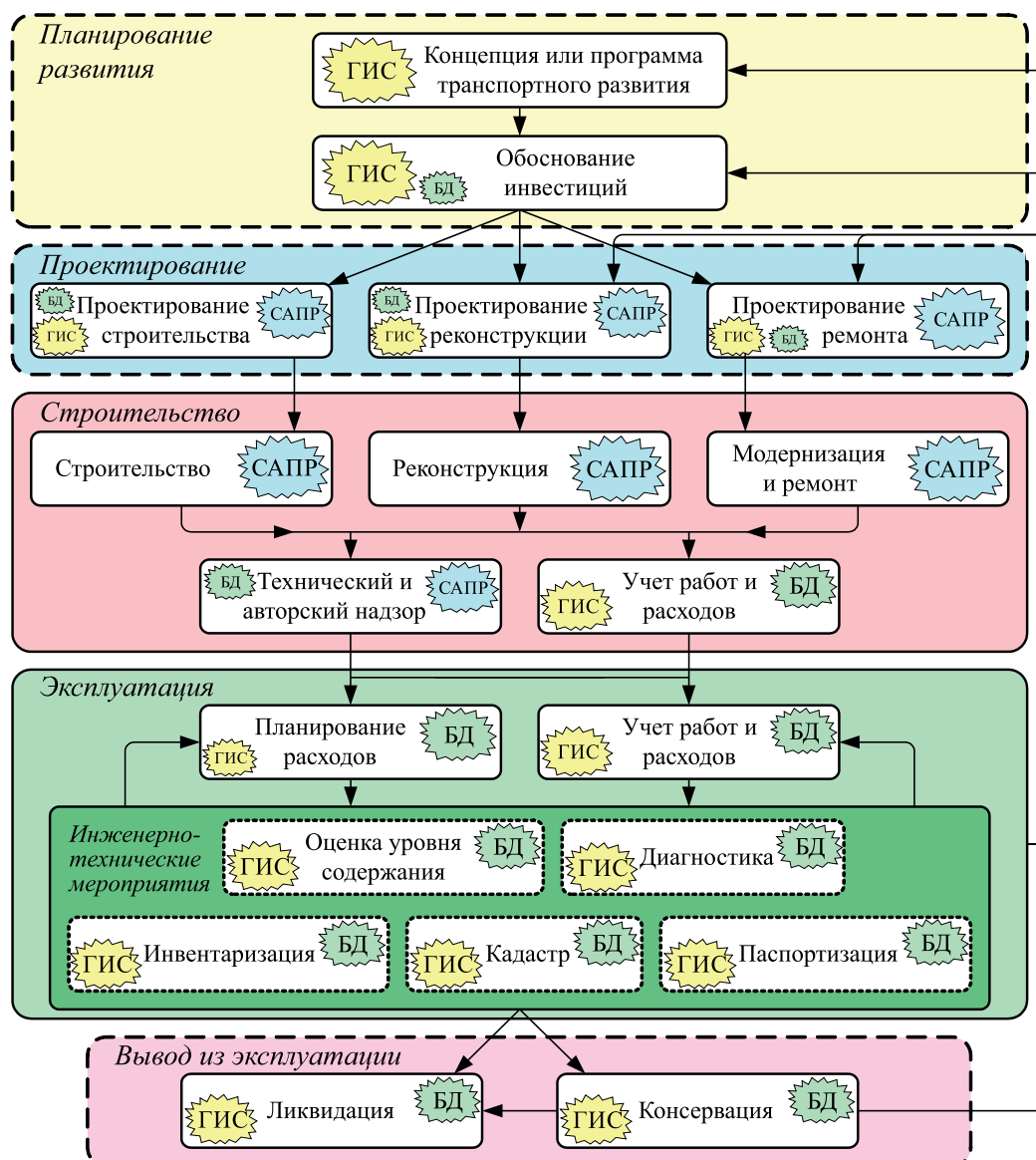


Рис. 7. Вариант жизненного цикла автомобильной дороги и место технологий ГИС, САПР и БД на разных этапах [10, 11]

гой стороны, каждый вид дорожной деятельности (строительство, реконструкция, капитальный ремонт, ремонт, содержание) также обладает всеми признаками проектов, т.к. имеет конкретные цели, задачи, бюджет и сроки исполнения.

Деление жизненного цикла на этапы с точки зрения информационного моделирования преследует цель формулирования требований к информационным потокам. Именно поэтому предпочтительно иметь деление на этапы, учитывающее реальные рабочие процессы в отрасли.

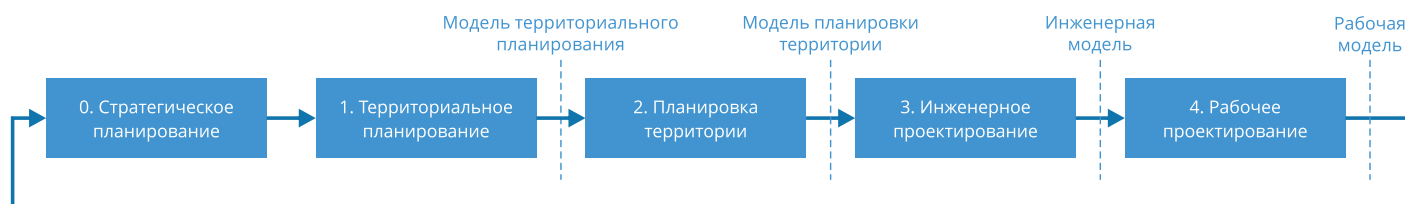
Нами предлагается использовать в информационном моделировании следующий типовой набор этапов проектов и дорожной деятельности в дорожном хозяйстве (рис. 8).

0. Стратегическое планирование;
1. Территориальное планирование;
2. Планировка территории;

3. Инженерное проектирование;
4. Рабочее проектирование;
5. Подготовка строительства;
6. Строительство;
7. Приемка работ и ввод в эксплуатацию;
8. Приемка или снятие с баланса.

В таблице 1 представлено сравнение предлагаемых этапов проектов с аналогичными концепциями в PAS 1192 и National BIM Standard. Отметим, что этапам эксплуатации, обновления и ликвидации нет явного соответствия в нашей модели. Мы рассматриваем их как совокупность параллельных процессов содержания, ремонтов, реконструкции и пр., каждому из которых соответствуют свои циклы и этапы 3–8.

Этапы 1–5 являются проектными работами. Этапы 1–4 выполняются проектными организациями, а 5–8 — строительными.



Заметим, что в российской практике обычно не выделяются стадии 7 (ввод в эксплуатацию) и 8 (приёмка на баланс). Однако с точки зрения информационного моделирования и информационных потоков, а также с учётом зарубежного опыта, эти стадии целесообразно выделить.

Кроме того, не все реальные виды проектов, выполняемых на автомобильных дорогах, соответствуют приведённым 8 этапам. Такая полная схема возникает, как правило, только при новом строительстве и отчасти реконструкции. При выполнении капитального ремонта отсутствуют первые две стадии, а при проектировании ремонта, содержания, организации дорожного движения и интеллектуальных транспортных систем (ИТС) обычно

не производится деление на стадии проектирования «П» и «Р». При выполнении ремонта и содержания отсутствует стадия приёмки на баланс. Кроме того, существуют подрядные работы, не предполагающие никаких строительно-монтажных работ. Например, это работы по диагностике (обследованию, оценке технического состояния) автомобильных дорог и искусственных сооружений (ИССО), кадастровые работы, инвентаризация (паспортизация) автомобильных дорог и искусственных сооружений (ИССО). Именно поэтому было бы удобно в явном виде раскрыть этапы жизненного цикла в разрезе конкретных видов работ.

На рис. 9 представлена предлагаемая авторами модель жизненного

цикла автомобильной дороги в контексте информационного моделирования. Помимо деления на этапы 0–8, жизненный цикл отдельно представлен для 7 основных видов проектов, выполняемых на дорогах. Фоном, на котором изображены этапы жизненного цикла, представлены виды организаций или органы власти, выполняющие соответствующие работы.

Кратко остановимся на основных этапах проектов:

0. «Стратегическое планирование». Данный этап относится к жизненному циклу всей автомобильной дороги или сети дорог. На этом этапе принимаются стратегические решения о развитии и эксплуатации сети дорог. Этот этап имеет нулевой номер, чтобы подчеркнуть, что он не является частью жизненного цикла отдельных проектов, инициируемых на данном этапе.

1. «Территориальное планирование». Этап жизненного цикла проекта (строительства или реконструкции), в ходе которого разрабатывается или обновляется схема территориального планирования (страны, региона, муниципальных образований). Общие требования к схеме территориального планирования определены в Градостроительном кодексе РФ [10].

Результатом данного этапа является модель территориального планирования в виде карт (схем) территории, на которые нанесены модели существующих и планируемых автомобильных дорог, а также иных транспортных путей (2D-модель).

Уровень проработки выходной модели соответствует LOD100 стандарта AIA E203–2013.

2. «Планировка территории». Этап жизненного цикла проекта (строительства или реконструкции), в ходе которого разрабатывается или обновляется проект планировки территории. Общие требования к проекту планировки территории определены в Градостроительном кодексе РФ [10]. В дорожном хозяйстве к данному этапу следует также отнести различные

Таблица 1. Сравнение предлагаемых этапов жизненного цикла проектов с аналогичными концепциями в PAS 1192 и National BIM Standard

| ПРЕДЛАГАЕМЫЕ НАМИ ЭТАПЫ ПРОЕКТОВ И ДОРОЖНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ | ЭТАПЫ ПРОЕКТОВ В PAS 1192 | ЭТАПЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА В NBIMS |
|--|--|--------------------------------|
| 0. Стратегическое планирование | 0. Strategy | – |
| 1. Территориальное планирование | 1. Brief | Locate |
| 2. Планировка территории | 2. Concept | Plan |
| 3. Инженерное проектирование | 3. Definition | Design |
| 4. Рабочее проектирование | 4. Design | |
| 5. Подготовка строительства | | |
| 6. Строительство | 5. Build & Commission | Build |
| 7. Приёмка работ и ввод в эксплуатацию | | |
| 8. Приёмка или снятие с баланса | 6. Handover & Closeout | |
| (Соответствует этапам 0, 3–8) | 7. Operation (inherit asset, minor works, maintenance, major works, transfer ownership, breakdown) | Operate |
| | | Renovate |
| | | Dispose |

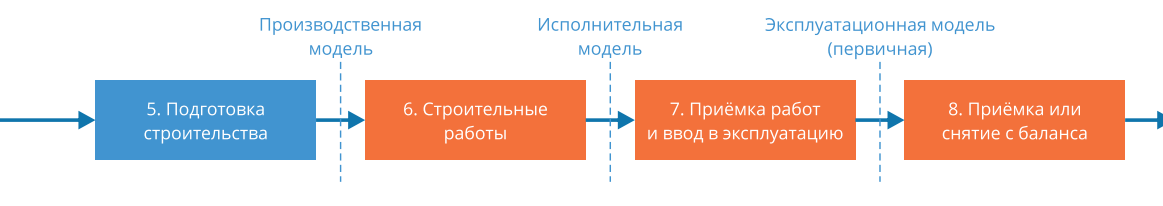


Рис. 8.
Предлагаемая
модель жизненного
цикла типовых
дорожных
проектов

предпроектные работы, в частности, обоснование инвестиций.

Основными исходными данными этапа является схема (модель) территориального планирования, а результатом является модель планировки территории в виде плана местности, на который наносится планируемая автомобильная дорога в виде модели трассы; моделируется число полос дороги, концептуальная конфигурация примыканий и пересечений, границы полос отвода и зоны с указанием условий использования территории.

Уровень проработки выходной модели соответствует LOD200 стандарта AIA E203–2013.

3. «Инженерное проектирование». Этап жизненного цикла, в ходе которого выполняется проектирование стадии «П»: разрабатывается инженерный проект, проект организации строительства, сметы, а также проект организации дорожного движения и ИТС [13, 14].

Основными исходными данными являются проект (модель) планировки территории и цифровая модель местности, полученные по результатам инженерно-геодезических изысканий. Результатом этапа является инженерная модель, которая описывает трассу автомобильной дороги, структурные линии, дорожную одежду и земполотно, элементы инженерного обустройства, искусственные сооружения, дорожную разметку, план обустройства строительных площадок, элементы ИТС.

Уровень проработки выходной модели соответствует LOD300 стандарта AIA E203–2013.

4. «Рабочее проектирование». Этап жизненного цикла, в ходе которого выполняется проектирование стадии «Р»: разрабатывается рабочий проект, в том числе проект производства работ [13].

Основными исходными данными этапа является инженерная модель (инженерный проект и проект организации строительства). Результатом этапа является рабочая модель, которая описывает технологические стадии производства работ (разбивка на очереди, закладки), календарный план производства работ с привязкой этапов календарного плана к элементам 3D-модели.

Уровень проработки выходной модели соответствует LOD350 стандарта AIA E203–2013.

5. «Подготовка строительства». Этап жизненного цикла, в ходе которого детализируется календарный график производства работ и рабочая документация для конкретной строительной

техники Исполнителя работ, а также планируется логистика закупок и поставок изделий и материалов.

Основными исходными данными этапа является рабочая модель (рабочий проект и проект производства работ). Результатом этапа является производственная модель, которая описывает детализированный календарный график работ, логистику поставок изделий и материалов, отдельные технологические фазы строительства и соответствующие им частные модели (в т.ч. 3D-модели для систем автоматизированного управления дорожно-строительными машинами).

Уровень проработки выходной модели соответствует LOD400 стандарта AIA E203–2013.

6. «Строительные работы». Этап жизненного цикла, в ходе которого используется модель, сформированная на предыдущих этапах «Рабочее проектирование» и «Подготовка строительства». В ходе производства работ и строительного контроля может производиться локальная корректировка модели.

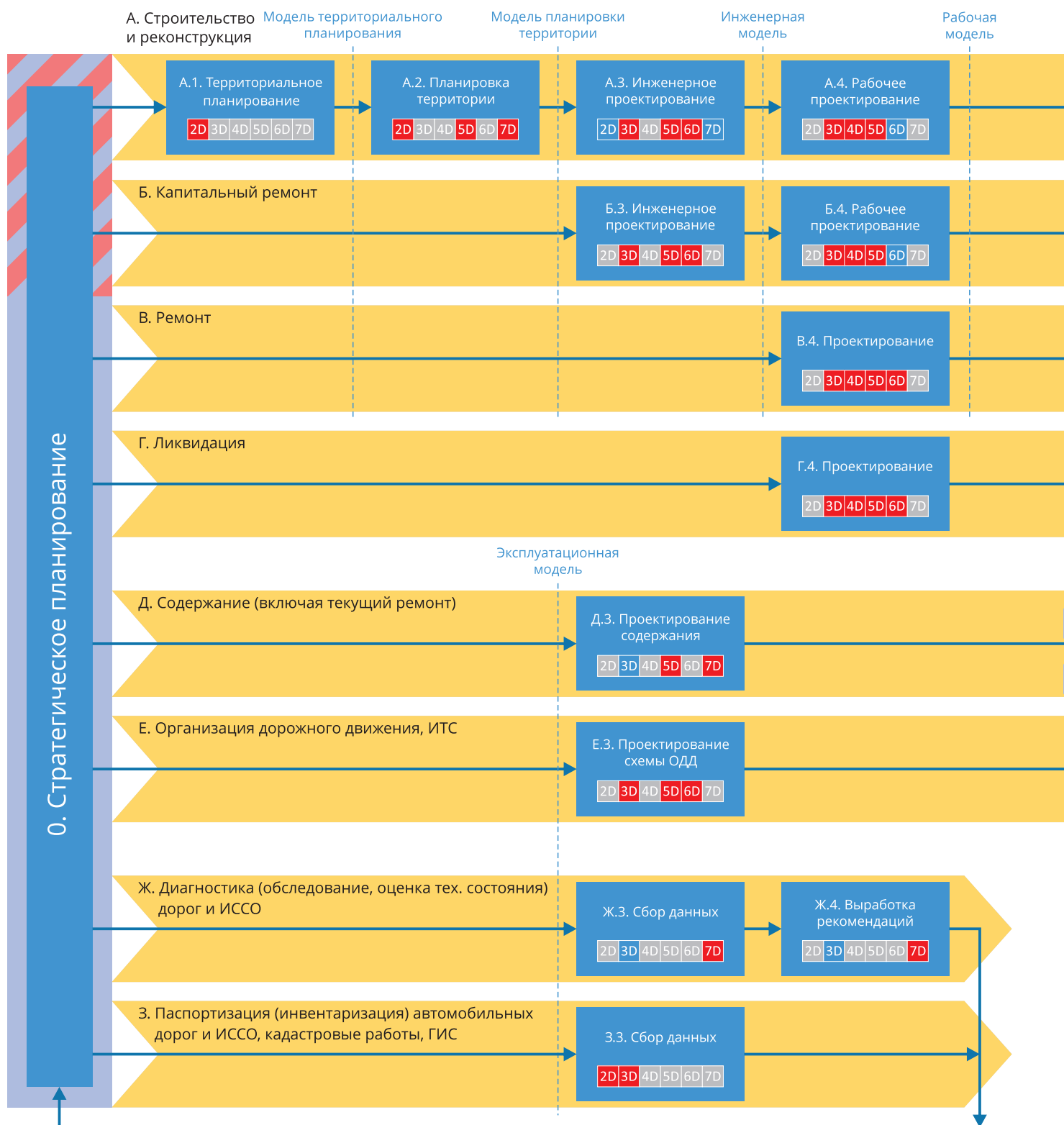
Основными исходными данными этапа является производственная модель. Результатом этапа является исполнительная модель, которая в целом соответствует производственной модели с незначительными локальными корректировками, возникающими, как правило, из-за непредвиденных обстоятельств. Кроме того, исполнительная модель может включать в себя материалы исполнительной съёмки, например, модели лазерного сканирования автомобильной дороги.

Уровень проработки выходной модели, также как и после предыдущего этапа жизненного цикла, соответствует LOD400 стандарта AIA E203–2013, однако модель должна соответствовать состоянию реально построенного объекта.

7. «Приёмка работ и ввод в эксплуатацию». Этап жизненного цикла, в ходе которого принимаются выполняемые работы, и объекты сдаются в эксплуатацию вместе с сопровождающей её документацией (моделью).

С точки зрения автомобильных дорог (как и многих других объектов инфраструктуры) главным отличием стадий проектирования и строительства от стадии эксплуатации является различие в базовых информационных технологиях: до начала эксплуатации используются САПР-модели, а в процессе эксплуатации — ГИС-модели. Именно поэтому ключевой особенностью этапа «Ввод в эксплуатацию» с точки зре-

Жизненный цикл автомобильных дорог в контексте информационного моделирования

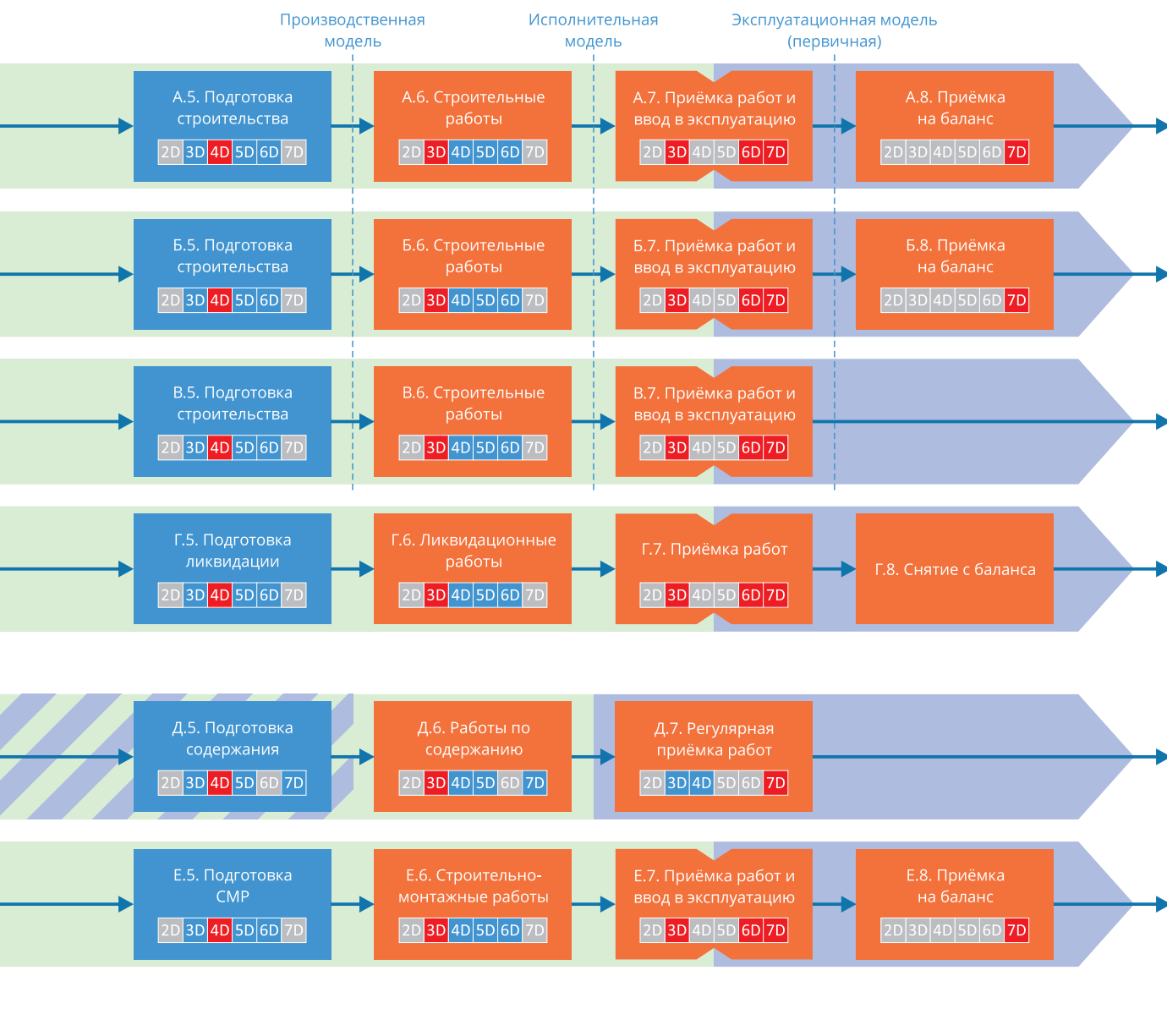


Виды BIM-моделей

| | |
|-------------------|--|
| 2D 3D 4D 5D 6D 7D | Плоские геометрические модели (ГИС-модели, кадастр недвижимости) |
| 2D 3D 4D 5D 6D 7D | Трёхмерные геометрические модели (САПР-модели) |
| 2D 3D 4D 5D 6D 7D | Проект производства работ, проект содержания, подготовка САУ ДСТ |
| 2D 3D 4D 5D 6D 7D | Сметы, бюджетирование и логистика |
| 2D 3D 4D 5D 6D 7D | Организация дорожного движения, ИТС |
| 2D 3D 4D 5D 6D 7D | Стратегия управления жизненным циклом, содержание, архив событий |

Использование моделей

| | |
|-------------------|------------------------|
| 2D 3D 4D 5D 6D 7D | Модели не используются |
| 2D 3D 4D 5D 6D 7D | Модели используются |
| 2D 3D 4D 5D 6D 7D | Модели формируются |

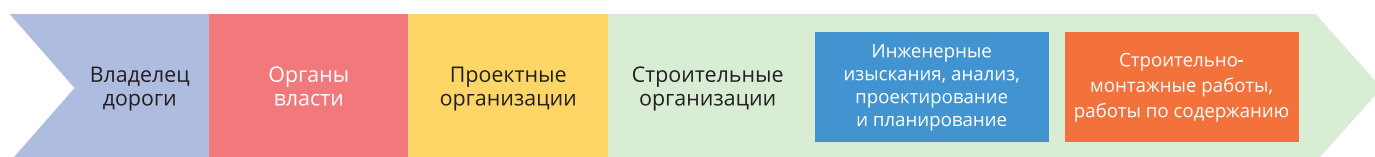


Уровни проработки моделей автомобильных дорог:

Модель территориального планирования
Модель планировки территории
Инженерная модель
Рабочая модель
Производственная модель
Исполнительная модель
Эксплуатационная модель (первичная)
Эксплуатационная модель

Схема территориального планирования (раздел «схема размещения объектов транспорта»)
Проект планировки территории (точные коридоры для проектирования, оценка стоимости)
Модель проекта автомобильной дороги и ИСО стадии «П», проектная документация
Модель проекта автомобильной дороги и ИСО стадии «Р», рабочая документация
Модель детализированного проекта производства работ, логистика, задания для САУ ДСМ
Исполнительная съёмка, модель в виде облака точек лазерного сканирования
Первичная эксплуатационная модель дороги
Эксплуатационная модель дороги (паспорт, ПОДД, диагностика)

Кто выполняет работы в проекте:



Этапы жизненного цикла:

Рис. 9. Предлагаемая модель жизненного цикла автомобильной дороги в разрезе по видам дорожной деятельности в контексте информационного моделирования

Таблица 2. Сравнение предлагаемых моделей с уровнями проработки в PAS 1192 и AIA E203–2013

| ПРЕДЛАГАЕМЫЕ МОДЕЛИ И УРОВНИ ПРОРАБОТКИ | УРОВНИ ПРОРАБОТКИ В PAS 1192 | УРОВНИ ПРОРАБОТКИ В AIA E203–2013 |
|--|---------------------------------|--------------------------------------|
| Модель территориального планирования | Brief | LOD100 |
| Модель планировки территории | Concept | LOD200 |
| Инженерная модель | Developed design | LOD300 |
| Рабочая модель | Production | LOD350 |
| Производственная модель | Installation | LOD400 |
| Исполнительная модель | As construction | |
| Эксплуатационная модель | In use | LOD500 |

ния информационного моделирования является смена типа информационной модели.

Результатом этапа является эксплуатационная модель, которая формируется на основе исполнительной модели.

Уровень проработки выходной модели соответствует LOD500 стандарта AIA E203–2013.

8. «Приёмка или снятие с баланса». Этап жизненного цикла при строительстве или реконструкции, в ходе которого автомобильная дорога и сопровождающая документация, полученные на предыдущем этапе, передаются на баланс органа управления автомобильной дорогой.

С точки зрения информационного моделирования при принятии дороги на баланс происходит влияние эксплуатационной модели с предыдущего этапа в единую эксплуатационную модель сети дорог органа управления дорожным хозяйством.

Уровень проработки выходной модели, также как и после предыдущего этапа жизненного цикла, соответствует LOD500 стандарта AIA E203–2013, однако модель построенной дороги теперь становится частью единой эксплуатационной модели сети дорог.

В таблице 2 приведено сравнение предлагаемых моделей с моделями других стандартов. [31](#)

Литература:

1. National Building Information Modeling Standard. Version 1. Part 1: Overview, Principles, and Methodology. National Institute of building sciences, 2007. 183 p.
2. PAS 1192-2:2013. Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. BSI Standards, 2013. 68 p.
3. PAS 1192-3:2014, incorporating corrigendum No.1. Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling. BSI Standards, 2013. 44 p.

4. Сковорцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 12–21.
5. Сковорцов 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.
6. Сковорцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2 (3). С. 22–32.
7. Сковорцов А.В. Стандарты для обмен данными // Автомобильные дороги, 2015, № 2, с. 84–89.
8. E203–2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit. The American Institute of Architects, 2013. 7 p.
9. Level of Development Specification. Version: 2013. BIMForum, 2013. 125 p.
10. Сковорцов А.В., Поспелов П.И., Бойков В.Н., Крысин С.П. Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. VI. М.: ФГУП «Информавтодор», 2006. 372 с.
11. Сковорцов А.В., Поспелов П.И., Котов А.А. Геоинформатика в дорожной отрасли. М.: МАДИ(ГТУ), 2005. 250 с.
12. Градостроительный кодекс РФ от 29.12.2004, Федеральный закон № 190-ФЗ.
13. ГОСТ Р 21.1101–2009. Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. М.: Стандартинформ, 2013. 56 с.
14. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85*. М.: Стандартинформ, 2013. 108 с.



Проектируйте дорожные одежды в IndorPavement

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



- ОДН 218.046–01, МОДН 2–2002: Прочностные расчёты нежёстких конструкций дорожных одежд, проверка на морозоустойчивость, расчёт морозозащитного, теплоизолирующего и дренирующего слоёв
- СН РК 3.03–19–2006, ВСН 46–83: Прочностные расчёты, проверка на морозоустойчивость, расчёт дренирующего слоя, расчёт усиления — **Методические рекомендации по проектированию жёстких дорожных одежд**: Расчёт сборных покрытий из плит, асфальтобетонных покрытий с цементобетонным основанием, монолитных цементобетонных покрытий — ОДН 218.1.052–2002: Расчёт усиления — ОДН 218.3.039–2003: Расчёт краевых укрепительных полос, обочин, остановочных полос — ОДМ 218.5.003–2010, ОДМ 218.5.001–2009, ОДМ 218.5.002–2008: Расчёт с учётом геосинтетических материалов: упругий прогиб, сдвиг, изгиб, дренаж на осушение.

Модели данных BIM для инфраструктуры

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2

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

Рассматривается технология информационного моделирования (BIM) для объектов инфраструктуры (на примере автомобильных дорог) с точки зрения технического регулирования. Рассматривается современное состояние стандартов на модели представления и форматы обмена данными по объектам транспортного строительства. Даются предложения по совершенствованию системы технического регулирования для скорейшего внедрения информационного моделирования в России.

1. Введение

Технология информационного моделирования зданий (BIM, англ. Building Information Modelling), заявившая о себе с начала 2000-х годов как о новой ступени развития идеологии архитектурных систем автоматизированного проектирования (САПР), в настоящее время широко применяется для комплексного проектирования и эксплуатации зданий и сооружений. На сегодня она достигла высокой стадии зрелости как в части стандартизации моделей и форматов обмена данными, так и в поддержке программным обеспечением ведущих мировых компаний.

В Российской Федерации существенный всплеск интереса к технологии информационного моделирования был вызван вынесением вопроса применения BIM на государственный уровень.

5 февраля 2014 года состоялось заседание Консультативного совета

по рациональному и безопасному недропользованию в ТЭК при председателе Комитета Госдумы РФ по энергетике на тему «Разработка национального плана мероприятий по внедрению инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов капитального строительства: инвестиции, проектирование, строительство и безопасная эксплуатация».

4 марта 2014 года Д.А. Медведев провёл заседание президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России в сфере строительства, на котором, в том числе, обсуждался вопрос внедрения информационного моделирования в сфере промышленного и гражданского строительства. По итогам заседания президиума было выпущено поручение по внедрению информационного моделирования.

29 декабря 2014 года глава Минстроя М.А. Мень подписал приказ «Об утверждении плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства».

Приказ касается всех отраслей промышленного и гражданского строительства. В то же время технология BIM имеет разную степень готовности для внедрения в разных отраслях. Так, среди прочего, в сфере транспортного строительства информационное моделирование пока не имеет соответствующих стандартов, программного обеспечения и практики применения. И если управленческие стандарты и практики применения могут быть позаимствованы с минимальными изменениями из сферы строительства зданий, то отсутствие стандартов на модели данных транспортной инфраструктуры (дорог, мостов, тоннелей и пр.) является самым главным препятствием разворачиванию технологий



BIM в транспортном строительстве на полноценном уровне, сопоставимом с аналогичным для зданий.

В настоящей статье рассматривается современное состояние информационного моделирования и его готовности для применения в сфере инфраструктуры.

2. Информационное моделирование для инфраструктуры

Технология BIM для зданий охватывает полный цикл проектирования отдельного здания: геометрическое моделирование внешней формы и организации внутреннего пространства, прочностные расчёты, проектирование внутренних инженерных сетей, формирование проектной документации. Однако здания всегда являются частью более общего проекта планировки местности. В связи с этим в воздухе уже достаточно давно витала идея применения методов и стандартов BIM для комплексного проектирования городской застройки, проектирования транспортных и внешних инженерных сетей. Именно поэтому во многих странах мира государственные структуры предпринимают различные попытки разработки стандартов BIM не только для отдельных зданий и сооружений, но и для инфраструктуры. Частные же компании активно создают соответствующие программно-технические решения.

С точки зрения организационной составляющей проектирования и строительства объектов инфраструктуры переход от BIM для отдельных зданий к BIM для инфраструктуры (в частности, к BIM автомобильных дорог) выглядит относительно просто. Однако основные проблемы в настоящее время возникают в области применения стандартов на модели данных. Использование открытых всеми признанных стандартов вместо закрытых форматов частных фирм-производителей программного обеспечения является одним из краеугольных камней технологии BIM, позволяющим защитить долгосрочные инвестиции и избежать технологической зависимости от конкретной компании. Использование открытых стандартных форматов обмена данными является обязательным требованием при BIM-сертификации бизнес-процессов компаний [1,2].

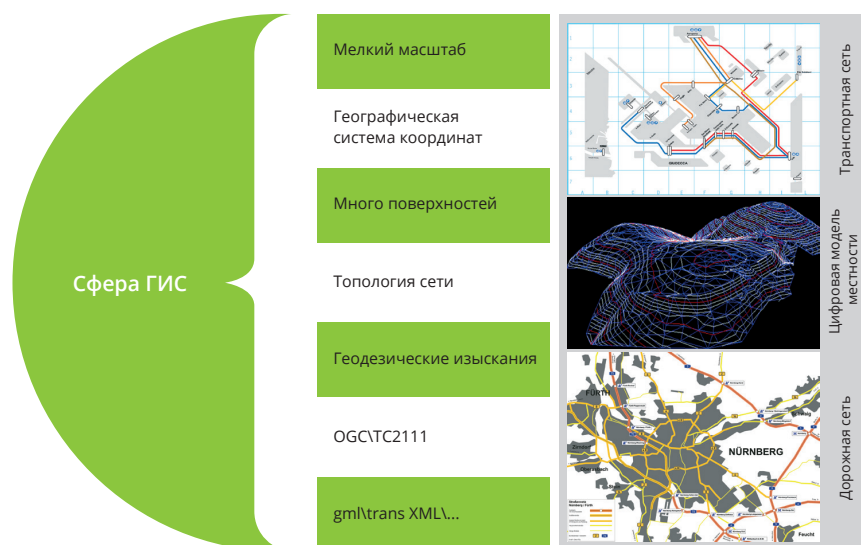


Рис. 1. Данные на местности, относящиеся к области компетенции ГИС



Рис. 2. Данные на местности, относящиеся к области компетенции САПР

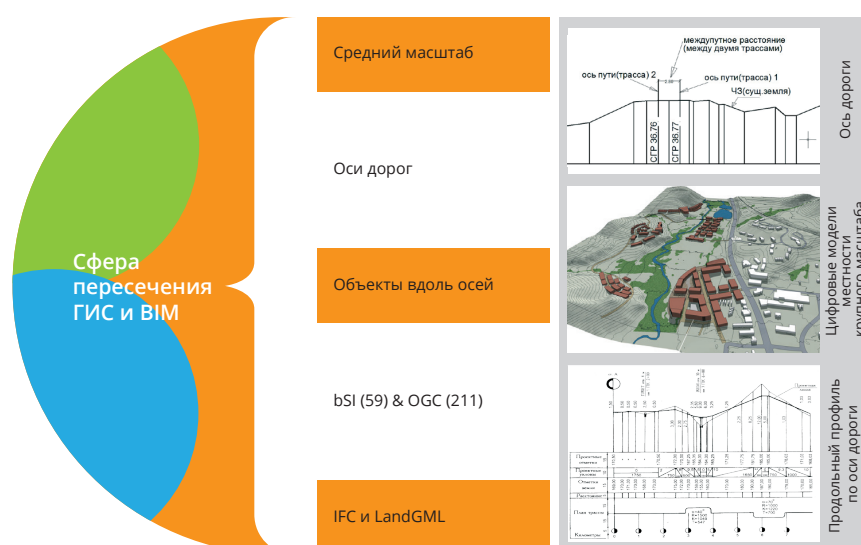


Рис. 3. Данные на местности, относящиеся к области пересечения возможностей САПР и ГИС

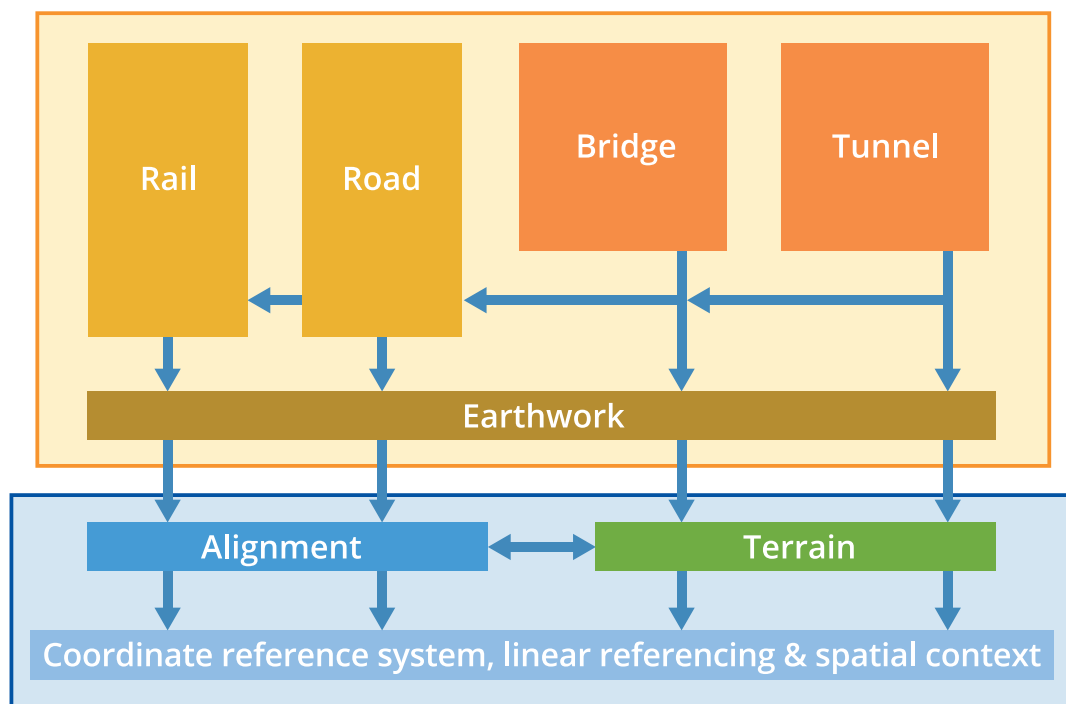


Рис. 4. Схема пакетов инфраструктурных расширений в рамках будущего стандарта IFC 5

В BIM (для зданий) за долгие годы выработан надёжный стандарт для обмена данными о зданиях — Industry Foundation Classes (IFC). Этот стандарт создаётся и развивается Международным альянсом по интероперабельности — buildingSMART [3]. Стандарт IFC построен на основе машиностроительного стандарта STEP [4], что дополнительно обеспечивает возможности анализа моделей зданий IFC в существующих расчётных машиностроительных программах.

С другой стороны, стандарт IFC даже в своей самой последней версии IFC 4 совершенно не готов работать с пространственно-распределёнными данными, возникающими при проектировании инфраструктуры. Среди таких данных:

- Материалы инженерных изысканий (геодезических, геологических).
- Цифровые модели рельефа (ЦМР).
- Транспортные сети (автомобильные дороги, железные дороги, мосты, тоннели).
- Сети транспортных корреспонденций (автомобили, общественный транспорт, пешие маршруты).

Все эти данные совершенно не вписываются в концепцию IFC. В то же время в геоинформатике для них давно разработаны необходимые модели данных, а большинство геоинформационных систем (ГИС) умеют с ними работать (рис. 1) [5–8].

В то же время в ГИС в основном уделяется внимание мелкомасштабным моделям местности. Например, в ГИС, как правило, есть сведения об оси автомобильной дороги, но нет данных о поперечном профиле, конструкции дорожной

одежды, искусственных сооружений (водопропускных трубах и мостах), элементах инженерного обустройства и пр. Вся эта информация подробно представлена в крупном масштабе в существующих САПР автомобильных дорог (рис. 2).

Кроме того, существует область пересечения компетенций ГИС и САПР. Это вопрос трассирования (горизонтального и вертикального) линейно-протяжённых объектов (автомобильных и железных дорог) с учётом моделей местности (рис. 3). При этом отметим некоторые отличия подходов ГИС и САПР. ГИС учитывают уже существующие дороги, поэтому для их задач вполне достаточно описания трасс линейно-протяжённых объектов в виде последовательности точек или отдельных фрагментов кривых. В то же время САПР предназначены для проектирования ещё не существующих дорог, а поэтому модель должна быть параметризованной, например, в виде тангенциального хода и параметров сопряжения дугами и клотоидами.

Можно уверенно сказать, что сейчас в мире существуют стандарты, которые позволяют комплексно описать инфраструктуру. Однако эти стандарты представляют собой идеологически разные сферы ГИС и САПР, что контрастирует с чёткой единой моделью в технологии BIM для зданий. Именно поэтому стали появляться попытки расширения BIM на инфраструктуру.

Например, консорциум разработчиков buildingSMART, разрабатывающий стандарт IFC, в дополнение к существующим 4 комитетам (Technical Room, Process Room, Product Room, Regulator Room) в 2014 году ввёл новый

LandXML

- Трасса в плане в виде прямой, клотоиды и круговой кривой



```


<CoordGeom>
  <Line id="1" length="263.353445024987">
    <Start>1031.948969467921 1177.964204524687</Start>
    <End>1108.128519962727 1430.058855282253</End>
  </Line>
  <Spiral id="2" length="16.667" radiusEnd="150." radiusStart="INF" rot="ccw" spType="clothoid" theta="3.183162523815">
    <Total>0.308586279587 totalX="16.661856393481" tanLong="11.113130301038" tanShort="5.557300310484">
    <Start>1108.128519962727 1430.058855282253</Start>
    <PI>1111.343185719382 1440.696881174039</PI>
    <End>1113.243644609679 1445.919125892021</End>
  </Spiral>
  <Curve id="3" chord="86.610584403757" crvType="arc" delta="33.560518992458" dirEnd="53.557779564062" dirStart="19.997260571605" external="6.671213364628" length="87.861233264472" midOrd="6.387146580433" radius="150." tangent="45.231284495854">
    <Start>1113.243644609679 1445.919125892021</Start>
    <Center>1254.199990468834 1394.622843745705</Center>
    <End>1165.098214453749 1515.291288299191</End>
    <PI>1128.71162281861 1488.423369765697</PI>
  </Curve>
  <Line id="4" length="1353.224141963611 1614.12630895588">
    <Start>1165.098214453749 1515.291288299191</Start>
    <End>1539.66604443129 1632.853302528771</End>
  </Line>
</CoordGeom>

```

Рис. 5. Описание оси дороги в плане на языке LandXML с помощью отрезков прямой, спиралей (клотоид) и кривых (дуг окружностей)

LandXML

- Трасса в продольном профиле в виде точек и квадратных парабол



```

<Profile name="Achan - 1">
  <ProfSurf name="Geländeschnitt 3 - (BG)" state="existing">
  <ProfAlign name="Gradiente (1)">
    <PVI>5 20059451645 199.324441429215</PVI>
    <ParaCurve length="208.204085930634">185.78245484617 204.422097162951</ParaCurve>
    <ParaCurve length="191.185793390869">497.828270887504 206.733935082853</ParaCurve>
    <PVI>767.074389906282 203.581081782429</PVI>
  </ProfAlign>
</Profile>

```

Рис. 6. Описание вертикального профиля дороги на языке LandXML с помощью отрезков прямой и отрезков параболы

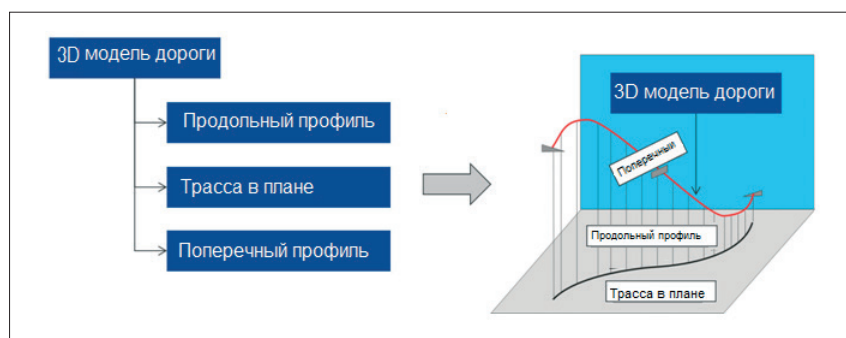


Рис. 7. Объект стандартизации в проекте IFC-Alignment — трёхмерная трасса автомобильной дороги

комитет — Infrastructure Room, который отвечает за разработку новых стандартов применительно кинфраструктуре. Основным спонсором этого комитета выступило француз-

ское дорожное агентство как организация, имеющая огромный опыт в стандартизации инфраструктурных данных.

3. Первые шаги buildingSMART к инфраструктуре

Проанализировав основные площадки, на которых в настоящее время разрабатываются стандарты в сфере геоинформационных технологий и управления инфраструктурой, buildingSMART в качестве основного партнёра по разработке новых инфраструктурных BIM-стандартов был приглашён Open Geospatial Consortium (OGC) [9]. Основанием для этого было то, что все промышленные ГИС-стандарты типа LandXML [10], CityGML [11] и новый InfraGML, описывающие местность и инфраструктуру, появились именно под эгидой OGC.

В качестве первых проектов по расширению IFC были выбраны следующие четыре:

1. LandXML для инфраструктуры.
2. IFC Alignment.
3. IFC-Bridge.
4. IFC-Road.

В качестве следующих возможных проектов консорциума buildingSMART сейчас обсуждаются справочники данных DataDictionary, модель исполнительной съёмки As-Built Data Delivery, модель тоннелей IFC-Tunnel, модель управления земляными работами IFC-Earthwork. Реалистичные сроки разработки стандартов для всего спектра инфраструктурных решений предполагаются примерно к 2018–2020 годам. И это будет закреплено в виде следующего стандарта IFC 5. На рисунке 4 представлена схема взаимосвязей пакетов инфраструктурных расширений в рамках будущего стандарта IFC 5.

3.1. LandXML для инфраструктуры

Описание местности на основе существующего стандарта LandXML (это первый случай в практике buildingSMART, когда модель не базируется на IFC). Важность этого проекта обусловлена введением географических систем координат, а также ряда новых пространственно-протяжённых моделей данных, например, триангуляционных моделей рельефа. На рисунках 5–6 представлены фрагменты описания оси автомобильной дороги на языке LandXML в плане с помощью отрезков прямой, спиралей (клотоид) и кривых (дуг окружностей), а также описание вертикального профиля с помощью отрезков прямой

Рис. 8. Типы мостов, исследуемые в рамках проекта IFC-Bridge

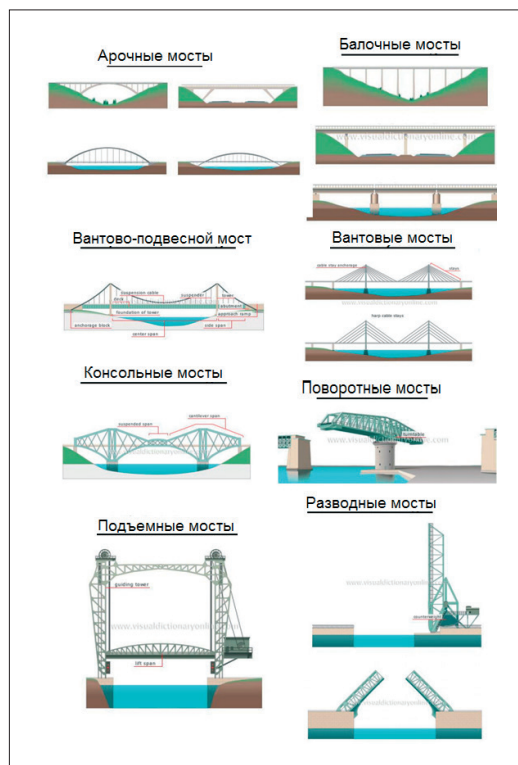


Рис. 9. Основные конструктивные объекты (составные части мостов), подлежащие стандартизации в рамках проекта IFC-Bridge

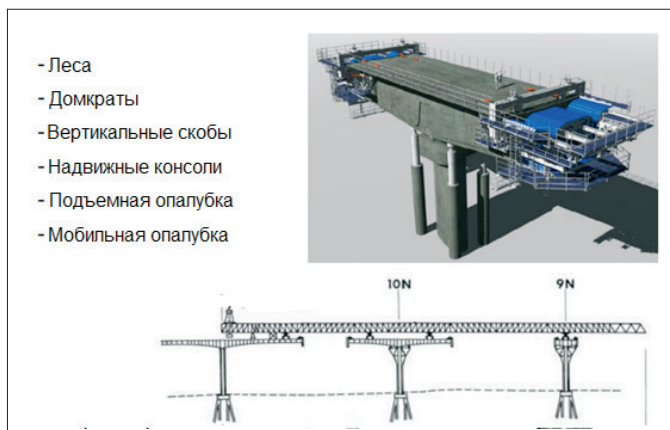


Рис. 10. Основные вспомогательные и временные объекты, подлежащие стандартизации в рамках проекта IFC-Bridge

и отрезков параболы. Основной целью проекта была выработка правил соответствия уже давно существующего стандарта LandXML 1.2 требованиям и понятиям в IFC для инфраструктуры. Сейчас проект завершён.

3.2. Модель трасс линейных объектов IFC Alignment

Высокая важность проекта IFC Alignment обуславливается как использованием новых геометрических элементов, не свойственных зданиям (например, клотоид), так и новым способом задания положения объектов относительно трасс (линейная система координат «пикет-смещение»). На рисунке 7 представлена геометрия объекта стандартизации. Работа над данным проектом ведётся совместными усилиями Rijkswaterstaat (министерство транспорта Финляндии), Traviverket (транспортная администрация Швеции), CSTB (научный центр по строительству, Франция), V-Con (международный консорциум для развития OpenBIM, базирующийся в Нидерландах) в партнёрстве с Open Geospatial Consortium (OGC).

В январе 2015 года появилась финальная версия проекта стандарта (IFC Alignment Extension candidate standard), а 28 марта 2015 года этот стандарт был одобрен и получил название IFC Alignment 1.0. В ней ось линейного объекта может быть задана: 1) дискретно в виде трёхмерной пространственной ломаной, 2) либо неявно в виде отдельных моделей трассы в плане, продольном и поперечных профилях (рис. 7).

3.3. Модель мостовых сооружений IFC-Bridge

Проект IFC-Bridge является идеологически одним из самых простых, поскольку является адаптацией других мостовых форматов, адаптированных к BIM. Он демонстрирует успешность применения уже существующих подходов в IFC и STEP для описания мостов. В то же время, несмотря на идеологическую простоту, проект идёт крайне медленно из-за высокой сложности предметной области. Данный проект был заявлен в консорциуме buildingSMART ещё в 2002 году. В 2003 году были сформулированы требования к стандарту. В 2004 году появились первые наброски стандарта, а в 2010 — первый реальный прото-

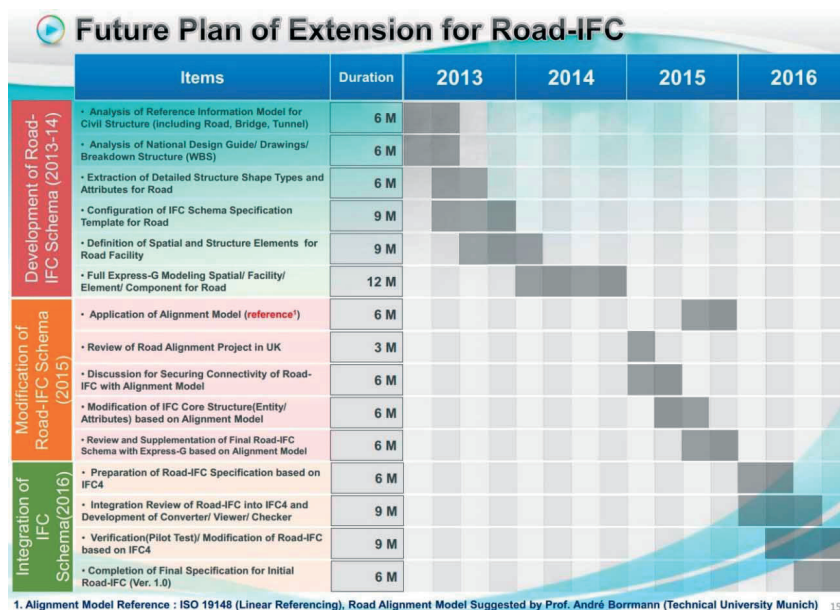


Рис. 11. Официальный календарный график работ над проектом IFC-Road, выполняемый по заказу правительства Южной Кореи

тип. При этом только в 2011 году появилось параметрическое описание. В официальный план работ (статус для bSI — buildingSMART International) проект попал только в 2012 году.

Существенными нововведениями проекта IFC-Bridge являются пространственная привязка модели моста на местности с помощью модели трассы, создаваемой в проекте IFC-Alignment, а также модели кабельных систем, систем преднапряжённого бетона и арматуры. Полученные модели мостов в новом формате IFC-Bridge могут быть в дальнейшем переданы в различные расчётные программы для анализа прочности. На рисунке 8 приведены типы мостов, исследуемые в рамках проекта IFC-Bridge. На рисунке 9 представлены основные конструктивные объекты (составные части мостов), подлежащие стандартизации. На рисунке 10 представлены основные вспомогательные и временные объекты, подлежащие стандартизации в рамках проекта IFC-Bridge.

3.4. Модель автомобильной дороги IFC-Road

Проект IFC-Road базируется на другом проекте IFC-Alignment и вводит понятия поперечного профиля дороги, конструкции дорожной одежды, элементов обустройства. Для концепций IFC это очень сложный проект, поскольку здесь вводится принципиально новый вид неявной трёхмерной модели (задаваемой плановой осью дороги, продольным и поперечным профилями), а формируемые в этой

модели элементы модели — это протяжённые поверхности, а не трёхмерные тела. Именно поэтому существующее программное обеспечение для работы с моделями через формат IFC здесь не применимо.

В настоящее время данный проект ведётся в основном усилиями Корейского института строительных технологий и не входит в список формальных проектов консорциума buildingSMART. Он имеет статус «связанного проекта» под именем Korean Roads. Проект рассчитан на период с 2013 по 2016 годы. Первая версия модели данных IFC-Road будет подготовлена к декабрю 2014 года.

В календарном плане этого проекта (рис. 11) в 2015 году стоит гармонизация заложенных решений со смежными проектами, выполняемыми в Великобритании (Road Alignment Project) и Франции (IFC for Bridges). В 2017–2018 годах предполагается выход на утверждение данного стандарта в качестве стандарта bSI.

4. Информационное моделирование в России

После поручения Д.А. Медведева от 4 марта 2014 года о разработке плана поэтапного внедрения информационного моделирования в течение 2014 года в России прошло несколько отраслевых мероприятий, посвящённых в том числе вопросам информационного моделирования. Например, в сфере дорожного строительства можно отметить:

- «ВІМ-конгресс: транспортная инфраструктура» (3 июня 2014 года) при участии ОАО «Росжелдорпроект», ГУП «Московский Метрополитен» и ГК «Автодор».
- Всероссийская межотраслевая научно-практическая конференция «Управление жизненным циклом объекта капитального строительства на основе информационного моделирования. Инвестирование. Проектирование. Строительство. Эксплуатация» (5–6 июня 2014 года) с участием ГК «Автодор».
- Круглый стол «Информационное моделирование в жизненном цикле автомобильной дороги» в рамках выставки-форума «Дорога-2014» (13 октября 2014 года), организованный Росавтодором, ГК «Автодор» и ассоциацией РАДОР.

Кроме того, различные ведомства ведут НИР в сфере информационного моделирования. Так, можно отметить завершённый НИР в Минтрансе РФ на тему «Исследование принципов и методов создания и применения трёхмерных цифровых моделей объектов дорожной инфраструктуры на всех стадиях их жизненного цикла с использованием спутниковых навигационных технологий», а также ещё исполняемый в ГК «Автодор» НИР на тему «Разработка рекомендаций по использованию инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог».

Time plan

- Short term (year 2015): Introduction of BIM in investment and maintenance projects
- Middle-term (year 2020): Access for maintenance to receive certain types of information management in the existing system
- Long-term (beyond year 2030): "Smart", lifecycle information between different processes, actors and stages

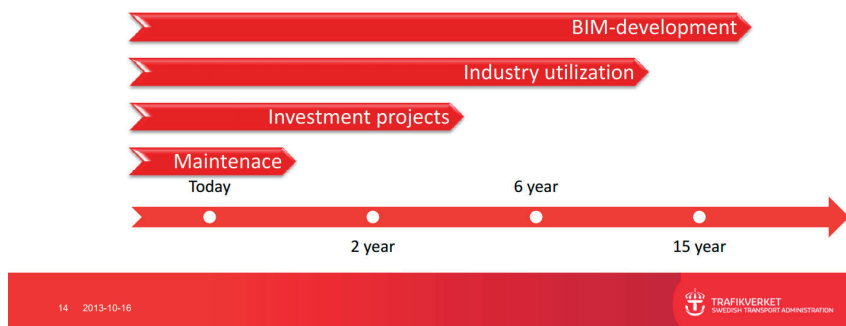


Рис. 12. План-график внедрения технологий BIM в сфере транспортного строительства Швеции (из доклада официального представителя транспортной администрации Швеции в консорциуме buildingSMART)

Как показывают эти НИР, основным препятствием комплексному внедрению технологий информационного моделирования является несовершенство нормативно-технической базы, а точнее практически полное отсутствие технического регулирования BIM в сфере транспортного строительства как в России, так и на международном уровне.

Очень заманчивым в условиях отсутствия нормативной базы является применение некоторой методологии, активно предлагаемой сейчас в рамках линеек программного обеспечения частных фирм, например, Autodesk или Bentley. Однако такой подход противоречит одному из принципов BIM о независимых стандартах данных и резко ограничивает конкуренцию на рынке. Так, на российском рынке до 70% всех проектов автомобильных дорог выполняется с помощью отечественных программных продуктов (Credo, Топомастик Robur, IndorCAD, GIP-M). Выбор методологии зарубежных фирм приведёт к автоматическому принятию их форматов данных в качестве стандартов де-факто и стремительному снижению доли отечественных фирм на рынке.

В контексте недавно провозглашённой государственной линии на импортозамещение такой подход совершенно неуместен. В России в начале необходимо разработать собственные или адаптировать международные стандарты, а только затем утвердить

план поэтапного перехода на эти стандарты.

Работы по созданию первых стандартов, которые могли бы стать основой российского BIM для инфраструктуры уже начаты. Так, в 2014 году по заказу Росавтодора завершена разработка проектов ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Общие технические требования» [12], ГОСТ Р «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Базовая модель данных» [13], ОДМ «Геоинформационные системы автомобильных дорог. Порядок сбора, хранения и обновления данных» [14].

Отдельно хочется отметить, что международные стандарты никогда не смогут покрыть все потребности локального (российского) рынка, т.к. каждая страна имеет особенности, технологии, различные бизнес-процессы. Исходя из тенденций в международном нормотворчестве (например, поддерживаемом консорциумом buildingSMART), можно заранее предсказать, какие технические сферы будут покрыты будущими стандартами, а какие — нет. Такие стандарты имеют смысл в будущем адаптировать и принять в России. В то же время многие сферы деятельности вряд ли будут стандартизированы на международном уровне, в частности, из-за различий подходов российской и зарубежной науки и практики.

Такой сбалансированный подход к внедрению технологий инфор-

мационного моделирования можно продемонстрировать на опыте Швеции — одного из мировых лидеров в сфере BIM для инфраструктуры. Так, на рисунке 12 представлен план-график внедрения технологий BIM в сфере транспортного строительства Швеции (из доклада официального представителя транспортной администрации Швеции в консорциуме buildingSMART). Как видно, шведская администрация планирует начать внедрение BIM-технологий примерно с 2020 года и широко внедрить их на всех стадиях жизненного цикла только к 2030 году.

5. Заключение

В заключение отметим, что ещё недавно главной целью консорциума buildingSMART было развитие концепции openBIM как открытого набора BIM-стандартов. Теперь, после начала тесного сотрудничества с Open Geospatial Consortium и появления в сфере интересов buildingSMART принципиально новых для них ГИС-моделей, buildingSMART выдвинул вторую инициативу в области моделей данных openINFRA. Теперь openBIM позиционируется как стандарты для управления зданиями, а openINFRA — как стандарты вне зданий.

Несмотря на то что технология BIM произошла от САПР, важнейшим их отличием является срок оперирования с данными в САПР и BIM. САПР является инструментом для получения проекта; компьютерная модель дороги

Несмотря на то что технология BIM произошла от САПР, важнейшим их отличием является срок оперирования с данными в САПР и BIM... В концепции BIM компьютерная модель дороги передаётся на следующие этапы жизненного цикла и может быть повторно востребованной через годы и даже десятилетия.

или моста по итогам проектирования преобразуется в инженерную и рабочую документацию, после чего модель не нужна. В концепции BIM компьютерная модель дороги передаётся на следующие этапы жизненного цикла и может быть повторно востребованной через годы и даже десятилетия. Именно поэтому для обеспечения гарантированного доступа к данным в будущем эти данные должны быть представлены в форме открытых стандартов обмена данными.

Несмотря на то что работы по стандартизации форматов обмена данными для BIM инфраструктуры сейчас активно ведутся на международном уровне, новые стандарты в обозримой перспективе не смогут полностью закрыть потребности в России. Это связано с различием нашей отечественной нормативной базы и используемой за рубежом. Поэтому нам необходимо либо гармонизировать наши стандарты с западными, либо самостоятельно адаптировать и развивать BIM-стандарты [15].

Помимо этого, отметим, что для полноценного внедрения технологий информационного моделирования в России и, учитывая отраслевые особенности BIM, необходимо, чтобы отраслевые технические комитеты (ТК) в системе Росстандарта обладали соответствующими полномочиями.

Так, ключевой для сферы информационного моделирования ТК 465 «Строительство» должен обладать полномочиями в области информатизации (код области стандартизации по ОКС 35.020 «Информационные технологии (ИТ) в целом») и желательно иметь подкомитет «Информационные технологии». Аналогично, главный дорожный ТК 418 «Дорожное хозяйство» должен обладать полномочиями в области информатизации и желательно иметь подкомитет «Информационные технологии» (в настоящий момент отдельные функции технического регулирования в сфере BIM для автомобильных дорог может исполнять ТК 57 «Интеллектуальные транспортные системы»). Схожие дополнения требуются для ТК 32 «Внутренний водный транспорт», ТК 34 «Воздушный транспорт» и др.

На этом фоне исключением выглядит структура ТК 45 «Железнодорожный транспорт», который уже содержит подкомитет в области автоматизации, хотя сам ТК 45 не имеет никакого кода области стандартизации по ОКС в области информационных технологий. ■

Литература:

1. Сворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 12–21.
2. Сворцов А.В. Стандарты для обмен данными // Автомобильные дороги. 2015. №2. С. 84–89.
3. buildingSMART // Официальный сайт международной организации buildingSMART. URL: <http://www.buildingsmart.org> (дата обращения: 28.05.2015).
4. ГОСТ Р ИСО 10303. – Семейство стандартов «Системы автоматизации производства и их интеграция. Предоставление данных об изделии и обмен этими данными».
5. Сворцов А.В., Поспелов П.И., Бойков В.Н., Крысин С.П. Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. VI. М.: ФГУП «Информавтодор», 2006. 372 с.
6. Сворцов А.В., Поспелов П.И., Котов А.А. Геоинформатика в дорожной отрасли. М.: МАДИ(ГТУ), 2005. 250 с.
7. Сворцов А.В. Геоинформатика. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2006. 336 с.
8. 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.
9. Официальный сайт международного консорциума Open Geospatial Consortium. URL: <http://www.ogc.org> (дата обращения: 22.06.2015).
10. Официальный сайт международного консорциума разработчиков стандарта LandXML. URL: <http://www.landxml.org> (дата обращения: 22.06.2015).
11. Официальный сайт международного консорциума разработчиков стандарта CityGML. URL: <http://www.citygml.org> (дата обращения: 22.06.2015).
12. Сворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 47–54.
13. Сарычев Д.С., Сворцов А.В. Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 98–102.
14. Сарычев Д.С. Проект дорожной методики по сбору, хранению и обновлению данных ГИС // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 103–109.
15. Сворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 22–32.

Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.3

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

Рассматривается вопрос экономической эффективности применения BIM-технологий в дорожной отрасли. На примере проектной компании рассматривается, какие изменения в организационно-штатной структуре предприятия должны произойти для внедрения BIM-технологий. Рассматриваются потенциальные выгоды, получаемые

участниками рынка от внедрения BIM. Кратко рассматривается, как технологии информационного моделирования в автодорожной отрасли внедряются в мире и в России.

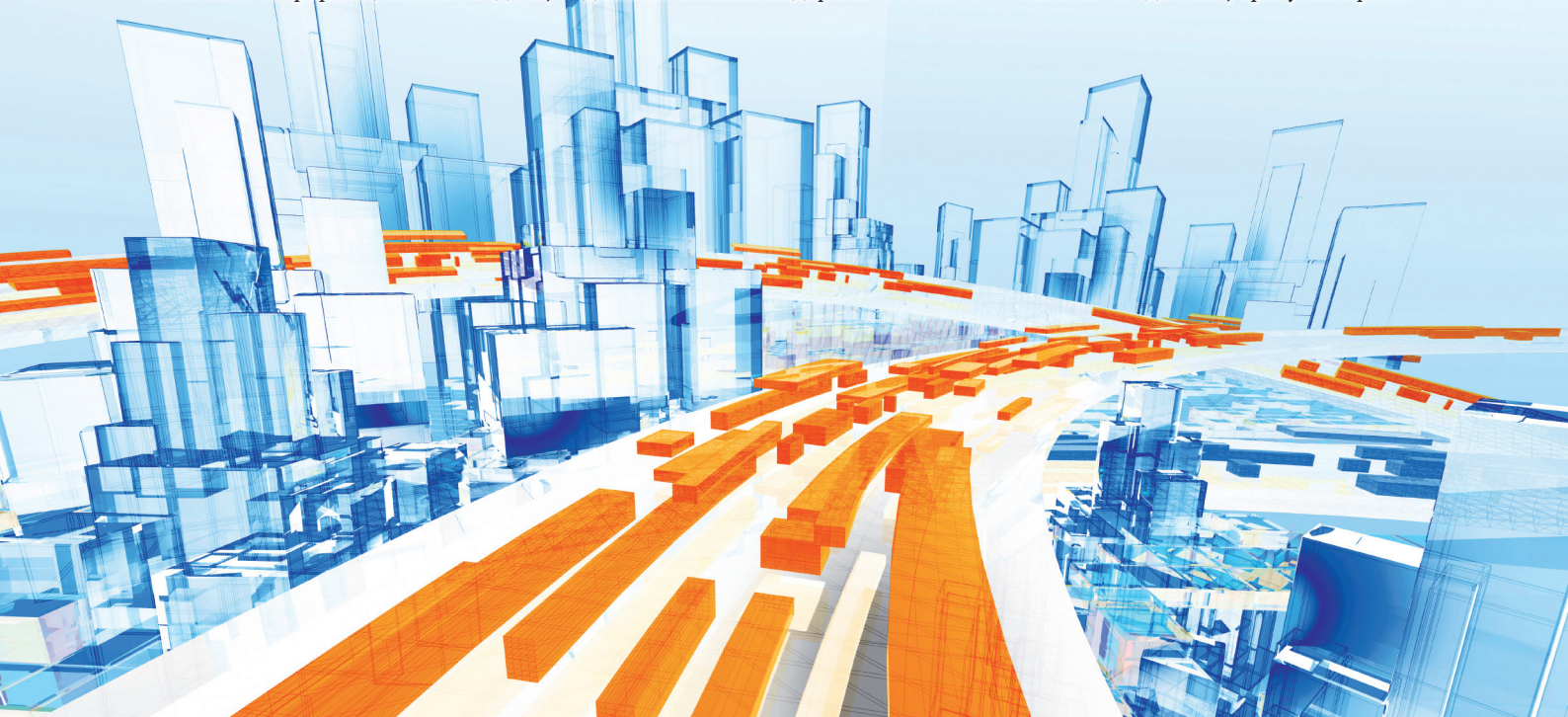
С 60-х годов прошлого века в ряде западных стран, и прежде всего в Великобритании, начали предприниматься первые шаги по автоматизации процесса проектирования. В наши дни, благодаря развитию технологий, мы имеем множество программных продуктов, называемых САПР — системы автоматизированного проектирования [1]. Но автоматизация не остановилась лишь на этапе проектирования, около 10 лет назад мировое сообщество впервые услышало о новом подходе, названном BIM (Building Information Modelling) — информационное моделирование сооружений. Данный подход революционно отличается от всего, что было ранее — на смену набору разрозненных чертежей (пусть даже и электронных, выполненных в программных комплексах САПР), согласно BIM, приходит комплексная информационная модель,

включающая в себя всю информацию об объекте капитального строительства [2, 3]. Эта BIM-модель передаётся от одного этапа жизненного цикла объекта к другому и дополняется, повышается детализация модели [4, 5]. Пользуясь терминологией, принятой в информационном моделировании, модель на разных этапах имеет различный LOD (Level of Development Specification/Level of Detail) — уровень проработки/детализации [6]. Создание такой комплексной трёхмерной модели уже показало свою эффективность, позволяя выявлять коллизии (например, недопустимые наложения коммуникаций внутри здания), что позволило сократить расходы и время, которые потребовались бы на устранение ошибок проектирования на последующих этапах реализации проекта. Англичане, являющиеся на данный момент лидерами в области

информационного моделирования зданий, подсчитали, что применение BIM-технологий для зданий на этапе проектирования и строительства позволяет сэкономить до 30% бюджета, а на этапе эксплуатации — ещё больше! Образно говоря, лишние затраты в 1 рубль, направленные на создание BIM-модели на этапе проектирования, дадут экономию в 3 рубля при строительстве и 10 рублей — при эксплуатации.

Как добиться успеха при внедрении BIM-технологий?

Нельзя утверждать, что одно лишь знание о существовании технологии BIM и установка на рабочих местах специалистов самых современных программных продуктов, реализующих работу с информационными моделями, сразу же приве-



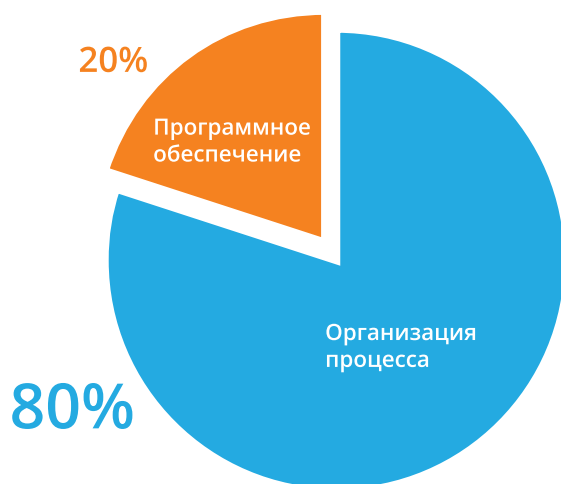


Рис. 1. Составляющие успеха при внедрении BIM

дёт нас к 30-процентной экономии бюджета. На 80% успех применения BIM-технологий заключается в организации процессов, в разработке и применении на практике BIM-стандарта организации — документа, описывающего то, как в данной организации следует формировать модель объекта и как в дальнейшем использовать её на других этапах жизненного цикла. И лишь 20% успеха кроется в выборе удобного инструмента информационного моделирования — программного обеспечения, которое позволит обеспечить выполнение всех процессов, описанных в BIM-стандарте (рис. 1).

Зачастую такой документ, как BIM-стандарт организации, создаётся под определённое программное обеспечение (ПО), на котором будут работать сотрудники, учитывая специфику, заложенную в продукт конкретным вендором. ПО должно обеспечивать, прежде всего, возможность *коллективной работы* с моделью. Немаловажным является и требование к *интероперабельности* — способности к взаимодействию с другими

программными продуктами, т.к. модель, созданная на этапе проектирования, будет передана на последующие этапы — строительства и эксплуатации, где решаются свои специфичные задачи. Для обеспечения интероперабельности был создан стандарт IFC (Industry Foundation Classes), который используется в качестве обменного формата программных продуктов для проектирования зданий.

Рассмотрим, какие изменения в организационно-штатной структуре предприятия должны произойти для внедрения BIM-технологий, на примере проектной компании. Организацией процесса внедрения и последующим поддержанием информационного моделирования занимается BIM-менеджер, он возглавляет BIM-отдел (рис. 2). Если компания крупная и проектирует одновременно несколько объектов, то по каждому из объектов назначается BIM-координатор (если проектов немного, то справится и BIM-менеджер). Этот специалист обеспечивает формирование BIM-модели, обмен данными внутри команды проектировщиков

(или между командами, вовлечёнными в создание проекта), выявление коллизий — то есть поддерживает коллективную работу с моделью. Для решения мелких технических вопросов, специфичных для информационного моделирования, в помощь команде проектировщиков может назначаться один или несколько BIM-модельеров — они создают отдельные элементы информационной модели, формируют библиотеку типовых элементов, могут «поднимать» модель по 2D-чертежам — формировать информационную трёхмерную модель на основе «плоских» чертежей, выполненных в классических САПР. Уровень компетенции BIM-менеджера должен соответствовать уровню ГИПа (главного инженера проекта) или ГАПа (главного архитектора проекта). Зачастую великолепные BIM-менеджеры получают из наиболее инициативных и квалифицированных проектировщиков, идущих в ногу с новыми технологиями, но нередко и случаи найма профессионального BIM-менеджера, что называется, со стороны. Требования к квалификации BIM-координатора и BIM-модельера не столь высоки, и опытный BIM-менеджер может «вырастить» таких специалистов из вчерашних студентов.

На сегодняшний момент среди производителей программного обеспечения, реализующего BIM-подход, наиболее ярко выделяются два крупных вендора — Autodesk и Bentley. Однако это утверждение справедливо в большей степени для этапа проектирования и исключительно для объектов капитального строительства, и далее мы дадим этому объяснение.

Какие выгоды получают участники рынка от применения BIM-технологий?

Ответ на данный вопрос не столь очевиден, как кажется, но мы всё-таки попытаемся ответить на него. Рассмотрим ситуацию, когда все участники рынка вовлечены в процесс коллективной работы с информационной моделью, и она (модель) передаётся и дополняется на всех этапах жизненного цикла. В первую очередь рассмотрим выгоды от внедрения BIM-технологий, которые получает **заказчик**. Трёхмерная модель объек-

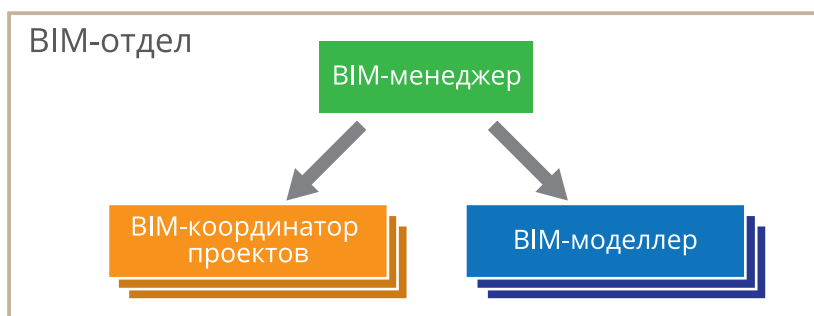


Рис. 2. Состав BIM-отдела

та, которая начинает формироваться с этапа технико-экономического обоснования и проектирования, затем передаётся на этап строительства, а после — на этап эксплуатации, является более наглядной, репрезентативной, а сам процесс реализации проекта становится более «прозрачным» и управляемым. Нередки случаи, когда заказчик, впервые увидев трёхмерную информационную модель здания, отвергал технические решения, которые ранее были успешно согласованы на уровне отдельных чертежей поэтажных планов. В качестве яркого примера приведём случай: увидев стеклянную крышу в трёхмерной модели, заказчик заставил изменить утверждённый проект, т.к. регион, в котором уже начали возводить многоэтажное здание, — Сибирь, где зима длится более полугода. Также снижается риск возникновения коллизий. Над большим проектом работают различные команды проектировщиков, и лишь сведя отдельные результаты работы в одну информационную модель, можно ещё на этапе проектирования устранить недопустимые наложения коммуникаций и прочие ошибки проектирования, которые ранее очень сложно было отследить из-за разрозненности представления информации. Как следствие, заказчику не придётся тратить лишние средства на устранение этих ошибок на этапе строительства. Снижаются сроки реализации проекта как за счёт уменьшения возможных ошибок, так и за счёт повышения управляемости проектом. BIM-модель позволяет не просто оптимально спланировать очередность работ, но и грамотно перераспределить имеющиеся ресурсы в случае необходимости для минимизации простоев техники. Моделирование различных стратегий эксплуатации объекта позволяет оптимизировать затраты на содержание объекта.

Следующим в цепочке выгодоприобретателей от применения BIM-технологий является **проектировщик**. Прежде всего, использование таких инновационных подходов является конкурентным преимуществом перед теми участниками рынка, которые проектируют «по старинке». Улучшение качества проектной документации за счёт уменьшения возможных ошибок, описанных выше, вариантное проектирование без пе-

речерчивания общей неизменной части вариантов (например, проекта планировки территории), автоматизированные вычисления (начиная от расчёта объёма бетона, необходимого для реализации проекта, и заканчивая полным сметным расчётом) — всё это является безусловными плюсами, которые получает проектировщик от использования BIM-моделирования.

Некоторые **подрядчики** скептически относятся к внедрению BIM-моделирования, ведь данный подход предполагает прозрачность процессов, открытость перед заказчиком при совместной работе по реализации проекта. Но такая честность и открытость будет выгодно отличать подрядную организацию на фоне других, предпочитающих «ловить рыбу в мутной воде». Наиболее продвинутые организации уже оценили возможности, которые открывает использование систем автоматизированного управления дорожно-строительными машинами (САУ ДСМ) — максимальное приближение результата к проекту, не столь высокие требования к квалификации водителей, возможность работать ночью. Ведь всю работу за оператора делает «умная техника» с загруженной в неё информационной моделью проектной поверхности. На текущий момент в России закуплено порядка 600 комп-

лектов таких машин (по экспертной оценке специалиста, представляющего компанию Leica в РФ), и их количество растёт — значит, бизнес уже сделал свой выбор. Крупнейшими поставщиками такой техники являются зарубежные компании: Trimble, Leica, Topcon. В дорожном строительстве используются две основные автоматические технологии управления: на базе глобальной навигационной спутниковой системы и с использованием роботизированных тахеометров [7, 8]. Но при любом из этих вариантов необходима трёхмерная модель поверхности, которую в подавляющем большинстве случаев пока что вынуждены формировать сами подрядчики по 2D-чертежам либо эксперты, поставляющие оборудование, а это дополнительные затраты времени и средств. Переход на BIM-моделирование решает этот вопрос. Более высокое качество проектной и рабочей документации, выполненной в информационных моделях, позволит снизить количество переделок в процессе строительства, а значит, уменьшить расхождение с графиком выполнения работ. Снижение времени простоя техники за счёт гибкого управления проектом, наличия всей необходимой информации по объекту в одной непротиворечивой модели, возможности моделирования

Заказчик

Повышается «прозрачность».

Снижаются риски коллизий.

Меньше ошибок в проекте.

Уменьшаются сроки реализации.

Различные стратегии эксплуатации.

Экономия средств на всех этапах.

Проектировщик

Конкурентное преимущество.

Снижаются риски коллизий.

Вариантное проектирование.

Автоматизированный расчёт объёмов материалов.

Автоматизированный сметный расчёт.

Подрядчик

Конкурентное преимущество.

Применение САУ ДСМ.

Эффективная работа ночью.

Ниже требования к квалификации водителей.

Меньше исправлений ошибок в процессе стройки.

Снижение времени простоя техники.

Рис. 3. Выгоды участников рынка от внедрения BIM

каждого отдельного этапа строительства — все плюсы, которые даёт BIM-моделирование, идут также в копилку подрядчика.

Как мы можем убедиться, от внедрения технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла выигрывают все участники рынка (рис. 3). Но до сих пор, к сожалению, не так много проектов реализуют данный подход.

Как технологии информационного моделирования в автодорожной отрасли внедряются в мире и в России?

На уровне Минстроя РФ принят План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства. И если в отрасли промышленного и гражданского строительства имеется богатая история из множества реализованных BIM-проектов, разработаны стандарты, реализованы необходимые функции в ПО, то в области инфраструктуры, в том числе и для автомобильных дорог, BIM-стандарты ещё начинают формироваться не только в нашей стране, но и на Западе.

Международный альянс buildingSMART [9] совместно с Open Geospatial Consortium [10] проводят совместную работу над сближением форматов данных BIM для инфраструктуры InfraBIM и геоинформационных систем. Альянс buildingSMART является одним из участников разработки стандарта IFC, на данный момент разработаны следующие расширения данного стандарта для автомобильных дорог: модель трасс линейных объектов IFC Alignment, IFC-Bridge — модель мостовых сооружений и IFC-Road — модель автомобильной дороги (базируется на IFC Alignment). Это лишь первые результаты из набора стандартов инфраструктурных решений, который предполагается разработать к 2018–2020 гг.

Со стороны нашей страны также ведётся аналогичная работа в направлении применения BIM-технологий для объектов инфраструктуры. По заказу Государственной компании «Российские автомобильные дороги» (госкомпания «Автодор») выполняется научно-исследовательская работа (НИР) на тему «Разработка рекомендаций по использованию инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог». В результате данной работы появятся:

- проект СТО (стандарт организации) «Организационная и технологическая поддержка процессов формирования информационной модели автомобильной дороги на всех этапах жизненного цикла»;

- рекомендации по созданию информационных моделей на предпроектных стадиях (территориальное планирование, программы развития, проекты планировки) и при выполнении проектно-изыскательских работ для ремонта, капитального ремонта, комплексного обустройства, реконструкции и строительства автомобильных дорог;
- рекомендации по поддержанию и развитию информационных моделей на стадии реализации дорожных проектов (дорожно-строительные работы), включая применение САУ ДСМ, и на стадии эксплуатации автомобильных дорог (диагностика, планирование работ по содержанию и ремонту, инвентаризация, кадастр, мониторинг транспортных потоков, элементов ИТС и др.);
- рекомендации по созданию и использованию технологий моделирования на всех стадиях жизненного цикла автомобильных дорог.

Для выполнения данной научно-исследовательской работы на площадке ООО «Автодор-Инжиниринг» организована рабочая группа, занимающаяся вопросами применения BIM-технологий на объектах дорожного хозяйства, анализируется мировой опыт, и уже сейчас (до получения окончательных результатов консорциумом buildingSMART в части стандартов InfraBIM) делаются шаги по внесению изменений в подходы и принципы выполнения проектной и рабочей документации в виде информационных моделей. Среди членов рабочей группы представители:

- автодорожной отрасли: Госкомпания «Автодор», ООО «Автодор-инжиниринг», ГП «Крымгипродор»;
- научного сообщества: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Научно-технический совет ГК «Автодор»;
- разработчики программного обеспечения, как отечественные, так и зарубежные: ООО «ИндорСофт», ООО «Кредо-Диалог», Autodesk CIS, Bentley;
- ведущие эксперты применения технологии и методологии BIM на объектах промышленного и гражданского строительства.

Кроме научных разработок уже имеется и практический опыт. В ряде «пилотных» объектов госкомпании «Автодор» уже применяется информационное моделирование, в частности проект по технико-экономическому обоснованию (ТЭО) соединительной хорды от М4 «Дон» до А105 подъезд к Домодедово выполнялся с построением трёхмерной информационной модели. На этапе строительства на некоторых объектах используется САУ ДСМ, в технику загружают информационные модели поверхностей, которые подрядные организации самостоятельно в инициативном порядке «поднимают»

ТЭО

3D-модель соединительной хорды от М-4 «Дон» до А-105 подъезд к Домодедово

Строительство

Применение САУ ДСМ — модели поверхностей «поднимают» из 2D-чертежей

Эксплуатация

Использование геоинформационных систем:

- ГИС М-4 «Дон»
- ГИС М-3 «Украина»

Рис. 4. Применение информационного моделирования на различных этапах жизненного цикла автомобильной дороги

из двумерных чертежей. На этапе эксплуатации используются информационные ГИС-модели по дорогам М4 «Дон» и М3 «Украина» [11]. На отдельных этапах жизненного цикла автомобильной дороги производится апробация технологий информационного моделирования (рис. 4), однако пока ещё нет единой схемы применения данного подхода — построения модели, начиная с этапа ТЭО, и наполнения её по мере реализации проекта вплоть до вывода из эксплуатации.

Зарубежный и отечественный опыт применения BIM-технологий для зданий и сооружений показывает, что использование информационных моделей на объектах дорожного хозяйства непременно даст положительный эффект в смежной предметной области — автодорожной отрасли. С одной стороны, процесс внедрения и применения осложняется отсутствием законченного полного набора стандартов InfraBIM, с другой стороны — открывает возможности для России принять непосредственное участие в разработке данных стандартов, т.к. buildingSMART не является закрытым европейским альянсом, например работу над стандартом IFC-Roads ведёт Корейский институт строительных технологий.

Как внедрение BIM-технологий отразится на стоимости проекта?

Безусловно, применение BIM-технологий в дорожной отрасли принесёт существенные изменения в существующий процесс разработки документации по проекту. На сегодняшний день существует распределение: 40% — стоимость стадии П (ин-

женерный проект) и 60% — стоимость стадии Р (рабочий проект). Данная пропорция будет значительно изменена — смещение трудоёмкости и стоимости разработки модели произойдёт в сторону стадии П. Грубая приближённая модель, сформированная на этапе ТЭО, передаётся на этап разработки проектной документации. В основу этой модели могут быть положены данные из открытых источников: космоснимки, информация о рельефе (без выполнения съёмки геодезическими приборами эти данные легко найти в интернете, но они имеют невысокую точность) и пр. На стадии П используются результаты полевых изысканий: данные геологической разведки, результаты геодезической съёмки. Модель в значительной степени уточняется и детализируется, формируются сметные расчёты, календарно-сетевые графики производства работ — выполняется большая часть работ по формированию информационной модели. На стадии Р информационная модель, разработанная на предыдущем этапе, уточняется и корректируется (а не создаётся новый пакет рабочей документации на основании существующего проекта, как это делается сейчас) — этот процесс значительно менее затратный по времени и усилиям, следовательно, и стоимость его ниже. Возможно, в принципе придётся уйти от разделения на стадии П и Р — стадии будут различаться по LOD (уровню проработки/детализации модели).

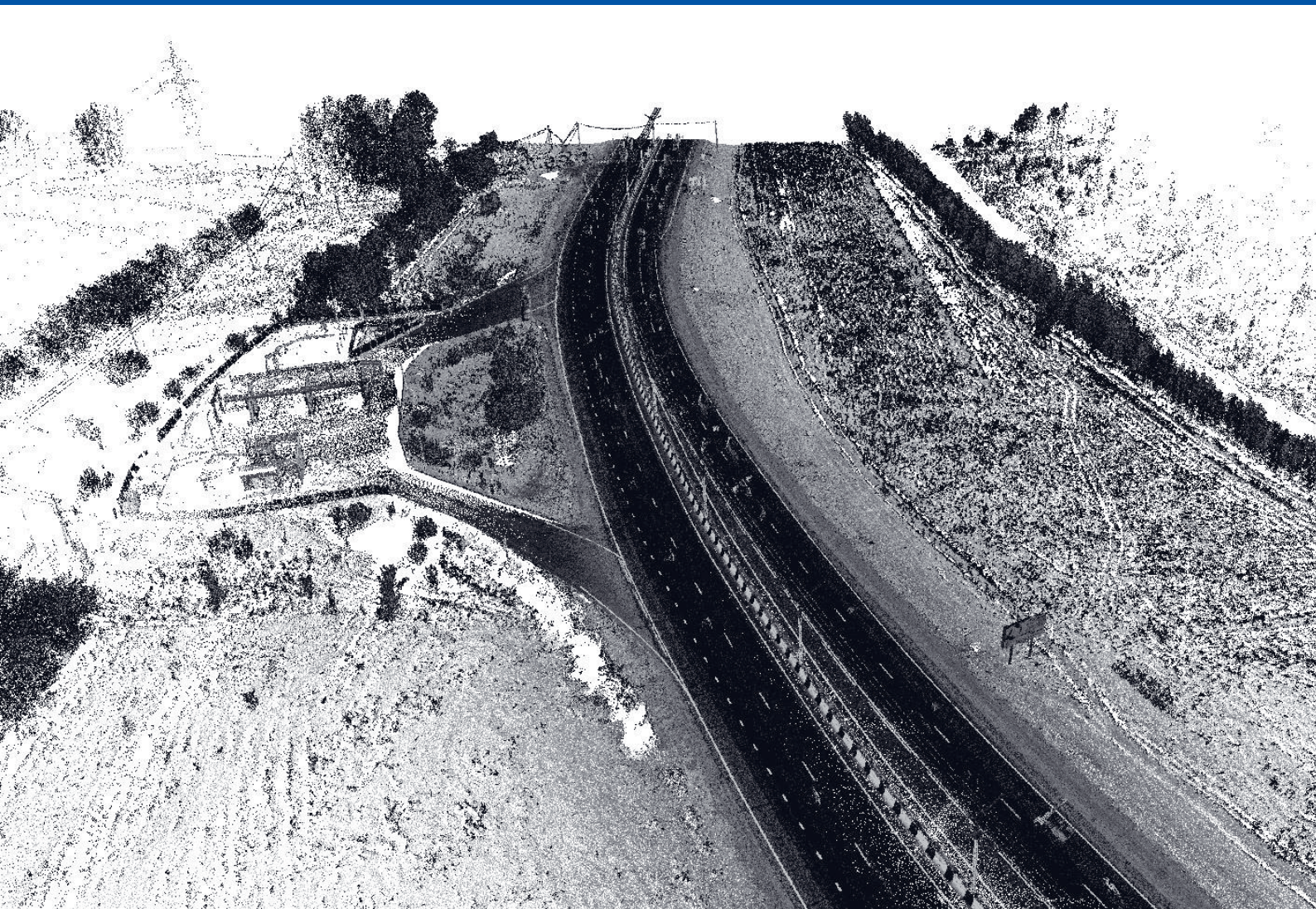
Государственный заказчик в лице госкомпании «Автодор», как передовик применения инноваций на объектах дорожного хозяйства, осознаёт всю важность не простого участия в данном процессе, а необходимость возглавить и управлять внедрением технологий информационного моделирования автомобильных дорог через:

- разработку стандартов;
- внесение соответствующих требований к информационным моделям в технические задания к Государственным контрактам на ТЭО, проектирование и последующие этапы жизненного цикла;
- работу с ФАУ «Главгосэкспертиза России» — отказаться от устаревшего способа проверки бумажной проектной документации и использовать всю мощь со-

временных технологий информационного моделирования (Мосгорэкспертиза уже принимает «пилотные» BIM-проекты к сдаче). [\[1\]](#)

Литература:

1. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 1,6–7.
2. Сковорцов 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. Попов В.А., Бойков В.Н. Об информационных моделях дорог в технической политике Госкомпании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 8–11.
4. Сковорцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12–21.
5. Сковорцов 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.
6. Сарычев Д.С., Сковорцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным технологиям / САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36.
7. Кулижников А.М., Ануфриев А.А., Колесников И.П. Нормативная база для САУ 3D // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 37–42.
8. Райкова Л.С., Анисимов С.С., Петренко Д.А. 3D-визуализация как современная технология повышения качества проектных решений // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 20–24.
9. buildingSMART // Официальный сайт международной организации buildingSMART. URL: <http://www.buildingsmart.org/> (дата обращения: 02.06.2015).
10. Open Geospatial Consortium // Официальный сайт международного консорциума Open Geospatial Consortium. URL: <http://www.opengeospatial.org/> (дата обращения: 02.06.2015).
11. Попов В.А., Пьянков С.П., Баранник С.В. Как работают геоинформационные системы // Автомобильные дороги. 2015. №4(1001). С. 63–65.



Проектируем

автомобильные дороги

в том числе и на основе мобильного
лазерного сканирования

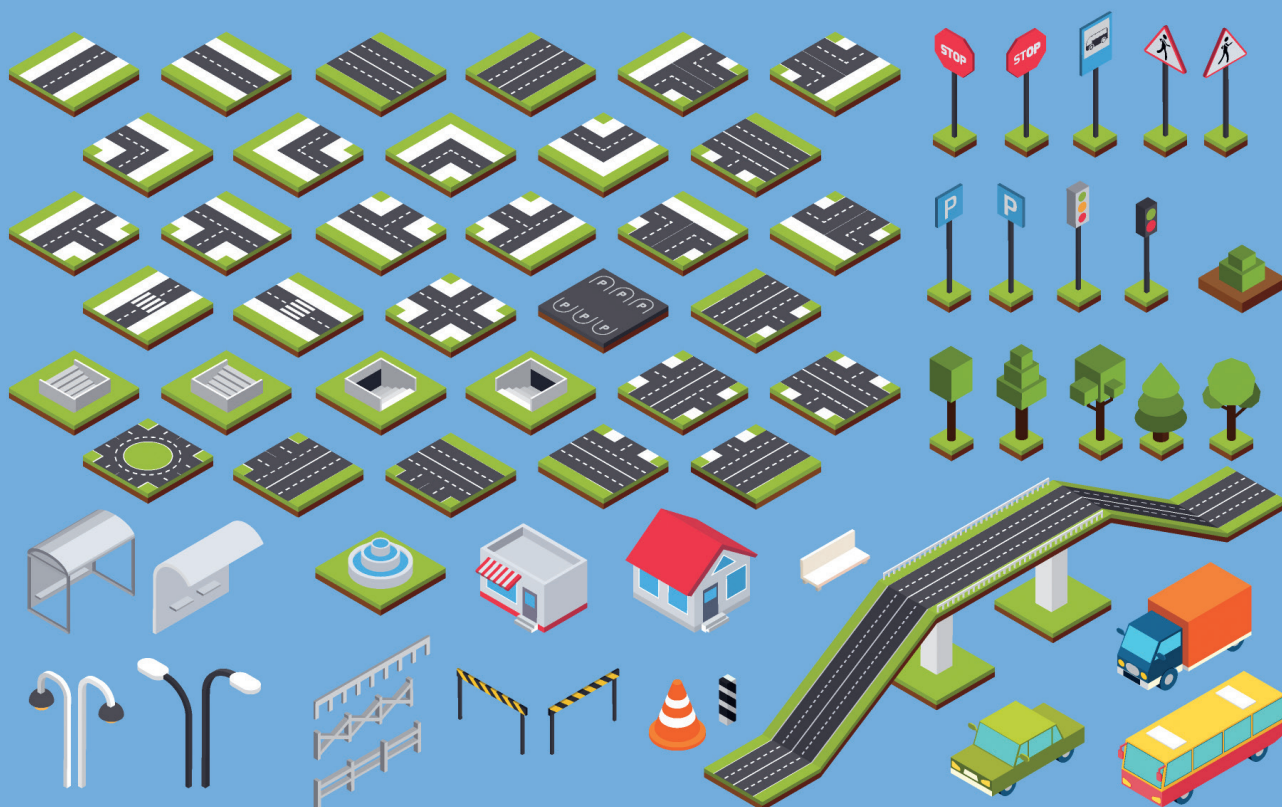
(3822) 90-10-05
www.indor-most.ru

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 |
|----------------|--|--|
| 1000 | Группа «Территория» | Землеустройство территориальное планирование |
| 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 |
| 2000 | Группа «Местность» | Трёхмерная цифровая модель местности, по которой проходит дорога |
| 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 |
| 3000 | Группа «Ось дороги» | Пространственный «каркас» модели |
| 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 |
| 4000 | Группа «Земляное полотно и ВЗП» | Описание проезжей части и земляного полотна; зависит от элемента «Трасса» |
| 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 |
| 5000 | Группа «Водоотвод» | Технические средства организации водоотвода |
| 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 |
| 6000 | Группа «ИССО» | Искусственные сооружения |
| 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 |
| 7000 | Группа «Инженерное обустройство | |
| 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.

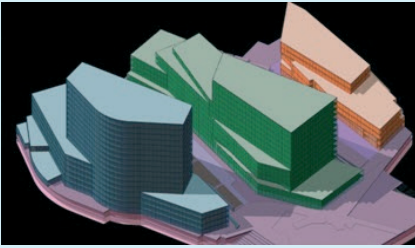
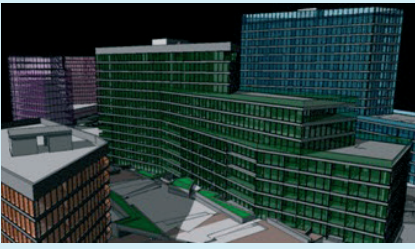

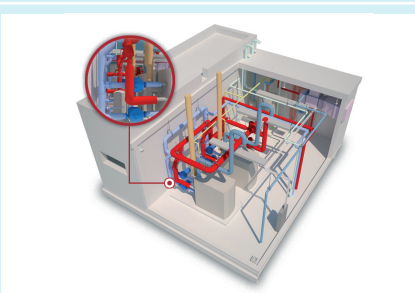
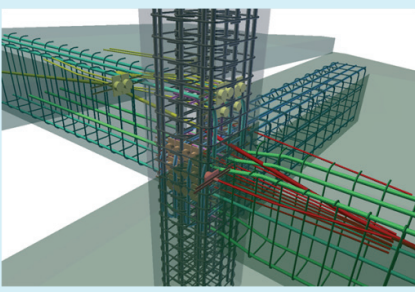

LOD 200 «Модель планировки территории». Элементы модели представляются геометрически при помощи специальных объектов (например, трасс, мостов и пр.) или групп объектов с приблизительными размерами, положением и ориентацией (рис. 2). С элементами может быть связана неграфическая информация. Данный уровень 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, 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. |  |

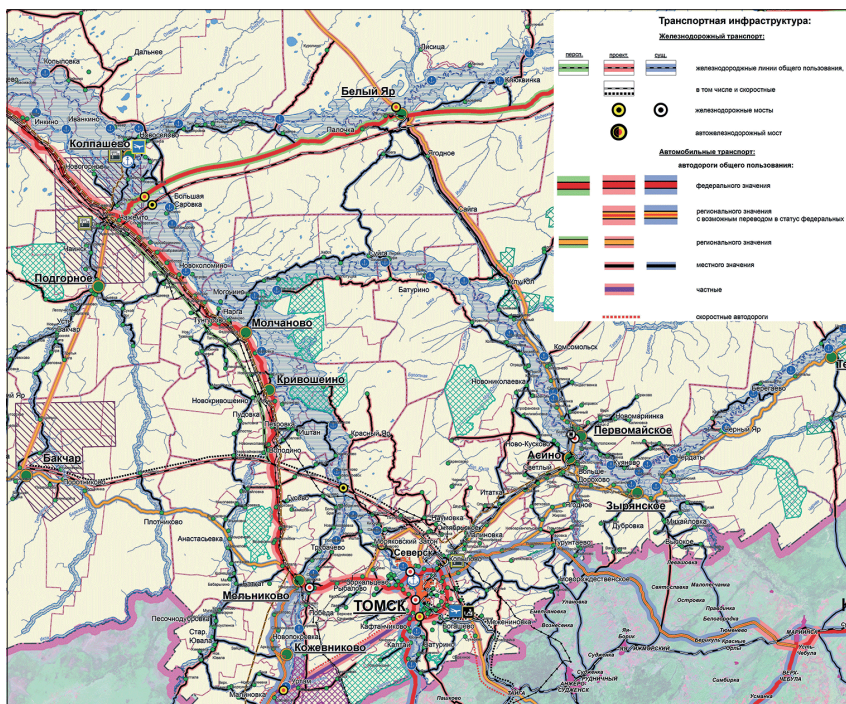


Рис. 1. Схема территориального планирования. Транспортная схема (с сайта tomsk.gov.ru)



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-

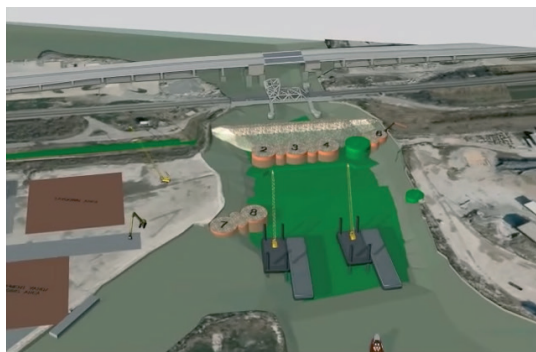


Рис. 4. Визуализация проекта производства работ мостового перехода (с сайта synchrold.com)

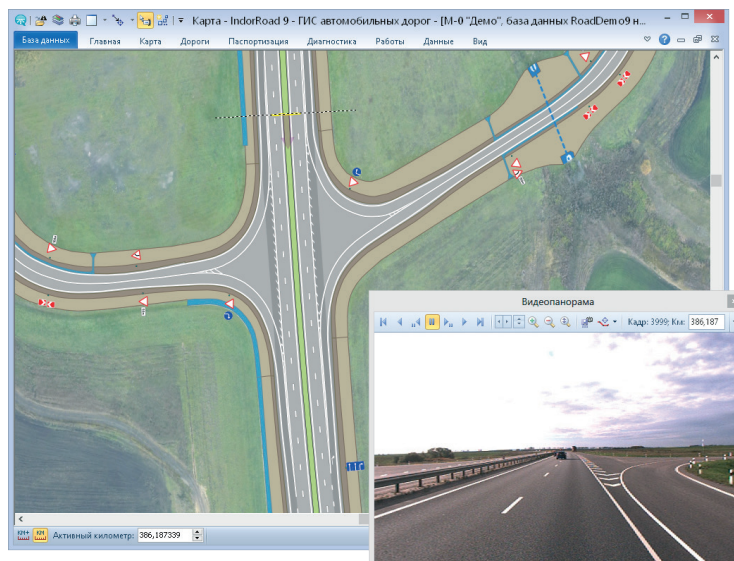


Рис. 5. Просмотр видеопанорамы в системе Indoroad

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.

«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

Проектирование объектов придорожного сервиса в прикладных САПР АД

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.5

Поспелов П.И., д.т.н., профессор, первый проректор МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)

Щит Б.А., к.т.н., доцент МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)

Пуркин А.В., к.э.н., 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 данной статье представлены возможности проектирования объектов дорожного сервиса 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) и «Топоматик Robur» («Топоматик», Санкт-Петербург).

Проблемы обеспеченности автомобильных дорог в Российской Федерации объектами дорожного сервиса (ОДС) в современных условиях являются весьма острыми. Сеть автомобильных дорог РФ недостаточно обеспечена даже топливозаправочными станциями. Ещё острее ситуация с наличием стоянок, площадок отдыха, мотелями, станциями технического обслуживания, предприятиями питания и торговли, другими объектами дорожного сервиса. Следует отметить, что большинство имеющихся объектов сервиса по вопросам безопасности и комфорта не отвечают современным требованиям.

Отсутствие оборудованных мест вынуждает водителей использовать для остановки и стоянки обочины, а иногда и проезжую часть автомобильных дорог, что нередко яв-

ляется причиной дорожно-транспортных происшествий с тяжёлыми последствиями.

Особенно актуальна эта проблема для автомагистралей, где скорость движения выше, чем на обычных дорогах, и более высокие требования безопасности. В последние годы ситуация в отдельных регионах усугубляется введением запрета на въезд в некоторые крупные города в дневное время, что вынуждает водителей ожидать «разрешённого» времени на подъездах к населённым пунктам. Запрет на стоянку грузовых транспортных средств (полной массой более 12 т) на подъездах к таким населённым пунктам не решает указанную проблему из-за недостаточного количества стоянок.



Отсутствие оборудованных мест вынуждает водителей использовать для остановки и стоянки обочины, а иногда и проезжую часть автомобильных дорог, что нередко является причиной дорожно-транспортных происшествий...

ОДС являются неотъемлемым элементом современной автомобильной дороги. Услуги, предоставляемые на ОДС, могут быть весьма различными: обеспечение топливом и другими расходными материалами, пункты питания, техническое обслуживание подвижного состава, места отдыха и стоянки, мотели, кемпинги и др. В современных условиях всё большее развитие получают ОДС, предоставляющие комплекс различных услуг. Размещение объектов дорожного сервиса на автомобильных дорогах и способы доступа к ним могут решаться различными способами. Большая вариативность объектов ОДС по функциональному назначению, наличию зданий и сооружений, местным условиям и прочим факторам требует тщательной проработки при проектировании. На этом этапе должны разрабатываться планировочные и конструктивные решения, высотное обоснование и вопросы водоотвода, рассматриваться вопросы применения технических средств организации дорожного движения.

Правовой аспект решения проблемы организации дорожного сервиса определён постановлением Правительства РФ [1] и распоряжениями Минтранса РФ [2, 3, 4]. С целью нормативно-методического обеспечения проектирования ОДС на кафедре изысканий и проектирования дорог МАДИ по контракту с Управлением эксплуатации автомобильных дорог Росавтодора подготовлен проект ОДМ «Методические рекомендации по планировке объектов дорожного сервиса и организации движения в зоне их размещения» (далее — Методический документ).

В Методическом документе:

- представлена классификация, функциональное назначение и состав объектов дорожного сервиса;
- даны рекомендации по расположению объектов дорожного сервиса вдоль дороги;
- предложены принципиальные планировочные решения площадок для размещения объектов

дорожного сервиса и участков автомобильных дорог в зоне их расположения;

- даны рекомендации по размещению объектов различного назначения непосредственно на территории ОДС: зоны парковки транспортных средств с учётом размеров парковочных мест расчётных транспортных средств [5];
- приведены рекомендации по оборудованию парковочных мест;
- рассмотрены особенности планировки многофункциональных зон дорожного сервиса;
- особое внимание уделено вопросам организации движения как на территории, так и на участках автомобильных дорог в зоне размещения ОДС.

Для повышения качества проектных решений в проект Методических рекомендаций включён раздел, в котором представлены возможности проектирования ОДС с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР), получивших наибольшее распространение в дорожных проектных организациях России и стран СНГ: «Топоматик Robur», CREDO, IndorCAD, AutoCAD Civil 3D. В данной статье представлены материалы этого раздела Методических рекомендаций, подготовленные при участии разработчиков указанных выше САПР.

Общие положения по автоматизированному проектированию территории объектов дорожного сервиса и участков автомобильных дорог в зоне их размещения.

При автоматизированном проектировании площадок для размещения ОДС и на участках автомобильных дорог в зоне их размещения принята следующая последовательность выполнения работ.

1. Подготовка исходных материалов для проектирования. Начинается с определения наилучшего расположения объектов дорожного сервиса по длине дороги с учётом их функционального назначения и состава. Подготовку осуществляют на основа-

нии импортированных в САПР космоснимков, данных ГИС, растровых изображений топографических планов и карт.

2. Загрузка исходных данных. В качестве загружаемых в систему исходных данных могут использоваться любые виды геодезических измерений, данные геологических изысканий, существующие схемы, планы, чертежи в векторном или растровом виде, данные лазерного сканирования, материалы аэро- и космосъёмки.

3. Назначение геометрических размеров объектов дорожного сервиса. Осуществляется с анализом доступности мест для разворота, движения и парковки транспортных средств с учётом их габаритов. При этом рекомендуется использовать программные продукты моделирования движения автомобилей при въезде/выезде и маневрировании во время парковки (табл. 1).

4. Автоматизированное проектирование площадок для размещения ОДС и участков автомобильных дорог в зоне их размещения. Проектирование выполняется с использованием функциональных возможностей САПР, результатом которого являются проектные поверхности ОДС.

5. Оценка результатов проектирования. Этот этап включает:

- оценку обеспечения отвода поверхностных вод;
- проверку возможности маневрировании транспортных средств с учётом их габаритов при движении по территории ОДС и во время парковки. При «ручном» проектировании проверку осуществляют с использованием шаблонов расчётных транспортных средств (п. 5.2.1.4 методического документа), при автоматизированном проектировании территории ОДС — с использованием программных продуктов, приведённых в таблице 7.1;
- проверку условий видимости объекта сервиса с автомобильной дороги и видимости условий движения на автомобильной дороге

Таблица 1. Программные продукты моделирования динамических габаритов и маневрирования при парковке транспортных средств

| ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ | ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА | РАЗРАБОТЧИК, КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ | ТРЕБУЕМАЯ ПЛАТФОРМА |
|---|--|---|--|
| AutoTURN | <ul style="list-style-type: none"> - моделирование движения и маневрирования транспортных средств со скоростями до 60 км/час; - трёхмерное движение по 3D-поверхности; - возможность локализации под различные транспортные средства; - графическое представление динамических габаритов с указанием траекторий: внешних и внутренних колёс, характерных точек кузова; - генерация угловых траекторий; - генерация траектории пути по дуге; - создание «шаблонов» разворота транспортных средств. | Transoft Solutions Inc. E-mail: alr@transoftsolutions.com www.transoftsolutions.com | Autodesk 2007–2015, Micro-station V 8.1, V8.5, V8XM, V8i |
| ParkCAD | <ul style="list-style-type: none"> - автоматизированное моделирование парковочных мест; - динамическая генерация островков; - определение точек въезда на парковки и выезда - с них; - изменение направлений проездов автомобилей; - создание дорожек для пешеходов; - нумерация машиномест | | AutoCAD 2007–2014, Micro-Station V 8.1, V8.5, V8XM, V8i |
| Vehicle Tracking | <ul style="list-style-type: none"> - трёхмерное движение по 3D-поверхности; - библиотека разных типов модели; - возможность редактирования параметров транспортных средств; - возможность применения анимации у нескольких транспортных средств одновременно; - видимость; - автоматическое моделирование парковочных мест; - моделирование движения и маневрирования транспортных средств с учётом скорости. | Autodesk www.autodesk.com/education/free-software/vehicle-tracking | Autodesk 2013–2014, MicroStation V8i |
| IndorCAD 9 | <ul style="list-style-type: none"> - графическое представление динамических габаритов; - возможность выбора разных моделей транспортных средств; - возможность редактирования параметров транспортных средств; - анализ траектории движения. | ООО «ИндорСофт» E-mail: support@indorsoft.ru www.indorsoft.ru | (внешняя платформа не требуется) |
| MS Turn | <ul style="list-style-type: none"> - моделирование поворота транспортных средств с учётом скорости; - возможность выбора типа транспортных средств; - возможность редактирования параметров автомобилей; - визуальный отчёт о расположении угла колеса и элементов. | Glamsen E-mail: ars.karlsson@glamsen.se www.glamsen.se/MSTurn.htm | Micro-station V 8 |
| CadTools (ToolBox) | <ul style="list-style-type: none"> - трёхмерное движение по 3D-поверхности; - моделирование поворота транспортных средств с учётом скорости; - возможность выбора типа транспортных средств; - возможность редактирования параметров автомобилей; - визуальный отчёт о расположении угла колеса и элементов. | Glamsen E-mail: ars.karlsson@glamsen.se http://www.glamsen.se/MSTurn.htm | Autodesk 2001–2015 |
| BricsTurn | <ul style="list-style-type: none"> - моделирование поворота транспортных средств с учётом скорости; - возможность выбора типа транспортных средств; - возможность редактирования параметров автомобилей; - визуальный отчёт о расположении угла колеса и элементов. | Glamsen E-mail: ars.karlsson@glamsen.se www.glamsen.se/BricsTurn.htm | Bricscad V10 |
| GeoniCS Траектории движения (Autopath) | <ul style="list-style-type: none"> - интеллектуальная технология поворота; - динамическое изменение траектории; - вертикальный просвет (клиренс); - настраиваемая библиотека транспортных средств; - графические результаты анализа; - расчёт угла сочленения между транспортным средством и прицепом; - учёт скорости движения; - учёт сцепления колёс с покрытием. | CSoft E-mail: sales@csoft.ru www.csoft.ru | Autodesk 2010–2013 |
| Autopath | <ul style="list-style-type: none"> - моделирование движения и маневрирования транспортных средств с учётом скорости; - возможность выбора типа транспортных средств. | CGS plus LLC E-mail: info.usa@cgsplus.com www.cgsplus.com | Autodesk 2010–2014, Bricscad V12, 13 и V13 |

при выезде с объекта сервиса (согласно рекомендациям п. п. 5.5.14–5.5.17 Методического документа);

- визуализацию «облёта» планировочного решения территории объекта сервиса и участка автомобильной дороги в зоне его размещения.

На этом этапе при необходимости осуществляется корректировка результатов проектирования.

6. Вывод результатов. Результаты выводятся в виде таблиц, чертежей, файлов для реализации планировочных решений в 3D-системах автоматического управления (3D-CAU), видеоматериалов для демонстрации заказчику.

Особенности комплекса программных продуктов компании Autodesk при проектировании объектов дорожного сервиса

Особенностью комплекса программных продуктов компании Autodesk является возможность предварительного концептуального проектирования ОДС. Используемый на этапе концептуального проектирования программный продукт Roads and Highways Module for InfraWorks позволяет, при размещении архитектурных объектов и планировочных решений ОДС в 3D-модели существующей инфраструктуры, выполнить их наглядную визуализацию для демонстрации заказчику. Возможно также формирование видеороликов модели и качественных фотореалистичных изображений (рендеров). При необходимости возможна публикация вариантов размещения ОДС в интернете для представления широкому кругу заинтересованных лиц.

После выбора концепции размещения и планировки ОДС выполняют импорт выбранного варианта для детального проектирования. Проектирование ОДС возможно следующими способами.

1. Рассматривают ОДС как часть модели дороги, создаваемой на уширении земельного полотна. В этом случае проектирование ведётся с использованием возможностей динамического 3D-объекта линейного сооружения в AutoCAD Civil 3D — коридора. При построении коридора используются трассы и профили по оси и кромке дороги, а также границы ОДС, представленные в виде трассы или 3D-полилинии. При наличии газонов, островков безопасности описывающие их геометрию полилинии также могут быть добавлены в модель коридора.

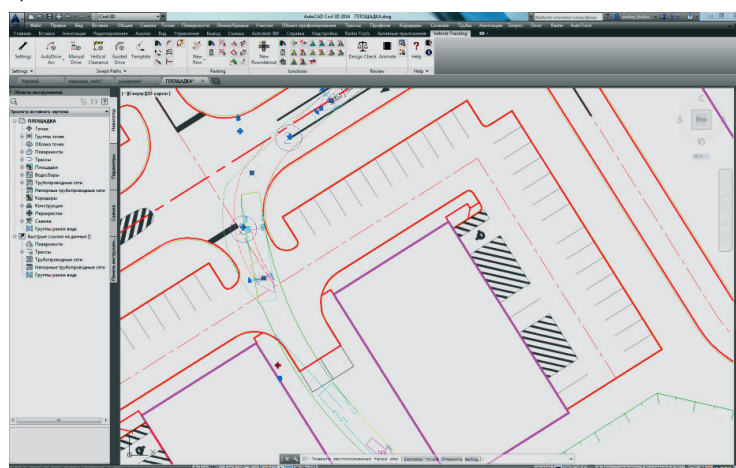
2. При проектировании ОДС вне пределов земельного полотна используется динамический 3D-объект AutoCAD Civil 3D перекрёсток, который позволяет автоматически по указанным трассам и профилям автомобильной дороги и съезда с неё получить 3D-модель в виде коридора. Сама площадка для размещения ОДС

в данном случае проектируется с использованием объектов профилирования AutoCAD Civil 3D — динамических 3D-объектов, позволяющих смоделировать проектную поверхность проектируемого объекта с автоматическим построением откосов и расчётом объёмов земляных работ.

В качестве исходных данных для построения объектов профилирования используются 2D- или 3D-полилинии по границе проектируемого объекта. Использование объектов профилирования позволяет также оптимизировать объёмы земляных работ по площадке в автоматическом режиме (получить нулевой баланс земляных работ или заданный пользователем фиксированный объём), что способствует сокращению стоимости строительства ОДС за счёт минимизации расходов на производство земляных работ.

При наличии значительного по площади ОДС, находящегося на удалении от дороги, проектирование выполняется с использованием объектов профилирования по границам объекта. Для создания микропланировки на территории объекта используются характерные линии — 3D-линии

а)



б)

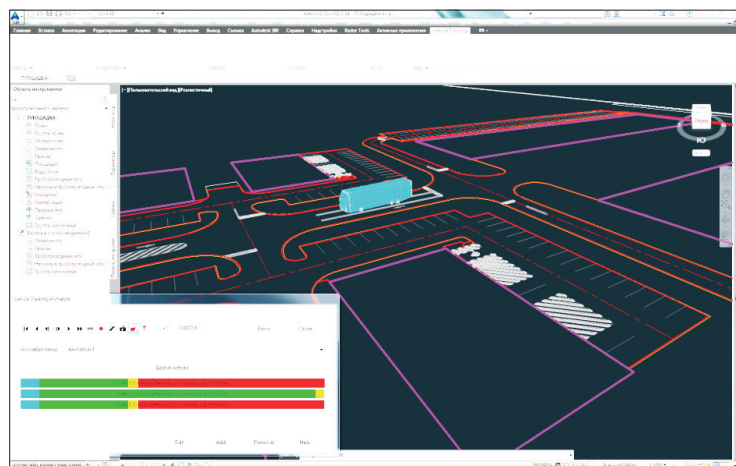


Рис. 1. Интерфейсы модуля Autodesk Vehicle Tracking:
а) 2D-интерфейс; б) 3D-интерфейс

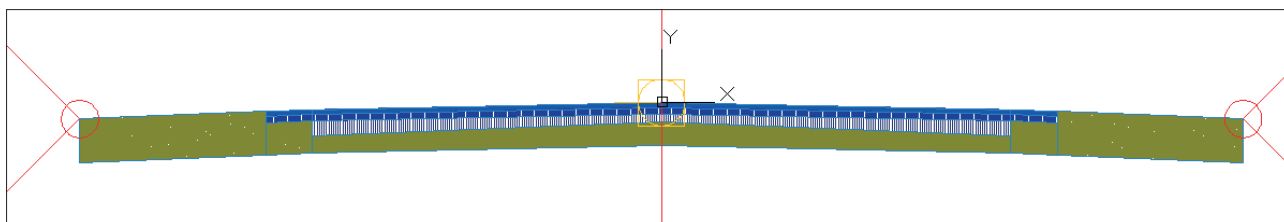


Рис. 2. Объект-конструкция AutoCAD Civil 3D

— содержащие проектные отметки в характерных точках.

Результатом проектирования является проектная поверхность по ОДС, а также автоматически формируемые на основе модели:

- таблицы объёмов земляных работ;

- таблицы материалов конструктивных слоёв дорожной одежды;
- таблицы площадей и покрытий;
- ведомости по планам и профилям съездов;
- картограмма земляных работ;
- баланс земляных масс.

При планировке территории для размещения ОДС моделируют траектории движения и динамические габариты транспортных средств с использованием программного продукта Autodesk Vehicle Tracking, что позволяет выполнить планировку территорий ОДС и зоны их размещения оптимальным образом, обеспечив возможность для беспрепятственного проезда, маневрирования и парковки (рис. 1а).

Определение оптимальной геометрии осуществляется с учётом габаритов расчётных транспортных средств. Библиотека транспортных средств Autodesk Vehicle Tracking является пополняемой, благодаря чему пользователи могут внести габаритные параметры даже самых нестандартных транспортных средств.

Интерактивные инструменты моделирования движения Autodesk Vehicle Tracking позволяют редактировать траектории и выполнять 3D-визуализацию (рис. 1б).

При планировке территории ОДС с помощью инструментов создания 3D-модели (коридора) дороги как линейного объекта полученные на этапе планирования территории границы площадки могут быть автоматически преобразованы в динамические объекты AutoCAD Civil 3D — трассы и профили, необходимые для дальнейшего 3D-моделирования территории.

Для компоновки планировочных элементов в AutoCAD Civil 3D используются динамические объекты — конструкции (рис. 2). В AutoCAD Civil 3D есть библиотека стандартных элементов конструкций для разных элементов дороги: проезжей части, обочин,

тротуаров, бортовых камней и т.д. Имеются также преднастроенные (готовые) конструкции (рис. 3).

В качестве целевых объектов при построении 3D-модели автомобильной дороги с уширением на территории площадки могут быть использованы трассы и профили по границам площадки. В этом случае выбранные части конструкции привязываются к этим трассам и составляют единую динамическую модель, все элементы которой связаны друг с другом и автоматически меняются при внесении изменений в проект.

При проектировании с использованием объектов профилирования в качестве исходных данных используются границы площадных объектов в виде полилиний AutoCAD, полученные на этапе планирования территории. Эти полилинии могут быть преобразованы в 3D-объекты Civil 3D — характерные линии с назначением им высотных отметок.

По полученным таким образом линиям можно выполнить автоматическое построение откосов (объектов профилирования) с заданным заложением для сопряжения проектируемого объекта с существующим рельефом. Важно отметить, что в этом случае у пользователя появляется возможность сразу получать информацию о планируемом объёме земляных работ и при необходимости оптимизировать его, задавая требуемое значение объёма (рис. 4).

С помощью приложения «Картограмма для AutoCAD Civil 3D» можно рассчитать и оформить картограмму площадки ОДС, при этом сохраняется динамика функционирования системы — при внесении изменений в проектную поверхность картограмма пересчитывается автоматически (рис. 5). Полученные в AutoCAD Civil 3D модели используются для автоматизированного формирования чер-

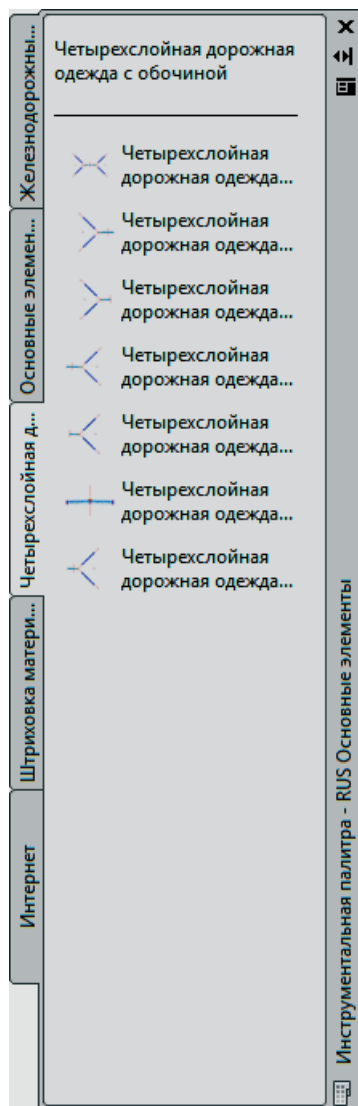


Рис. 3. Палитра преднастроенных инструментов конструкций AutoCAD Civil 3D

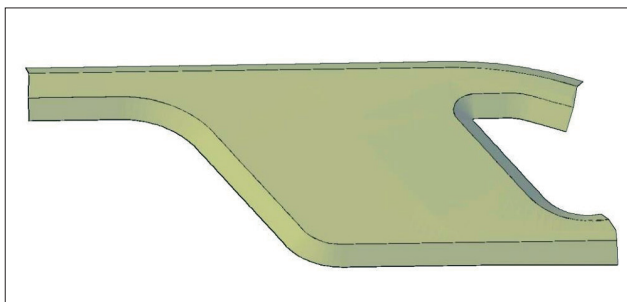


Рис. 4. 3D-модель площадки ОДС

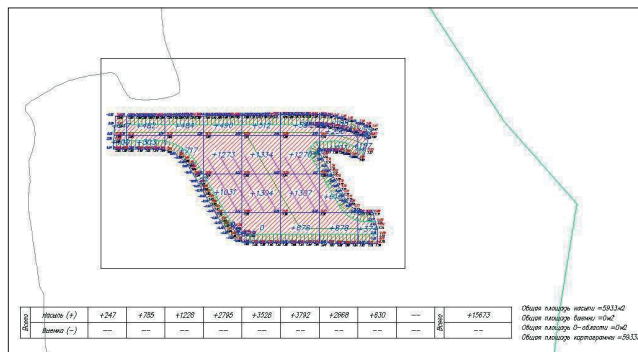


Рис. 5. Оформление картограммы объёмов работ в AutoCAD Civil 3D



Рис. 6. Визуализация планировочного решения с помощью модуля Civil View

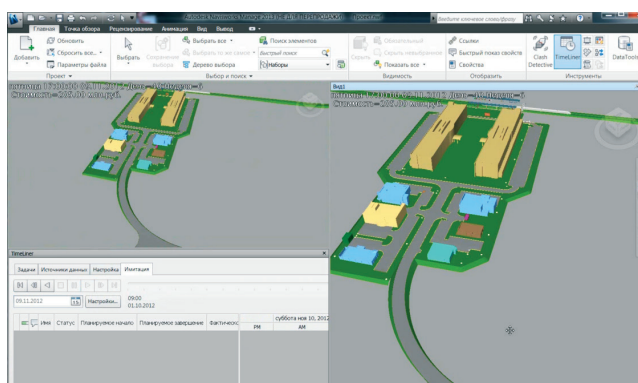


Рис. 7. Интерфейс Autodesk Navisworks для моделирования строительства ОДС

тежей в соответствии с заложенными в шаблонах российскими стандартами оформления.

С помощью модуля Civil View (рис. 6) возможна передача проектной модели Civil 3D для последующей профессиональной визуализации в 3ds Max.

С помощью программного продукта Autodesk Navisworks (рис. 7) осуществляется моделирование процесса строительства, составляются календарные графики и рассчитывается стоимость строительства на каждом этапе.

Особенности IndorCAD при проектировании ОДС

Система автоматизированного проектирования IndorCAD позволяет проектировать объекты дорожного сервиса любой сложности с учётом требований действующих нормативных документов [6–8].

При разработке проекта ОДС необходимо учитывать различные минимальные ограничения, накладываемые на планировочное решение:

- Расчётная скорость. Этот параметр используют при проектировании оттонов и виражей, а также при

расчёте скорости изменения центростремительного ускорения на кривых в плане автомобильной дороги в зоне размещения ОДС.

- Минимальные радиусы кривых в плане. В процессе проектирования плана при вписывании кривых можно проконтролировать отклонение от допустимых значений.
- Минимальные радиусы выпуклых и вогнутых кривых в продольном профиле. В случае выхода за пределы допустимых значений об этом выдаются соответствующие предупреждения.
- Габариты расчётного транспортного средства. Этот параметр используют при разработке планировочных решений на участках примыкания подъездов к ОДС и при размещении зоны парковочных мест на территории ОДС.

- Расстояние видимости. Этот параметр используют для построения графика видимости дороги в зоне размещения ОДС.

Инженерной основой для проектирования объектов дорожного сервиса в системе автоматизированного проектирования IndorCAD является цифровая модель местности. В качестве исходных данных можно использовать результаты выполнения геодезической съёмки, данные лазерного сканирования, файлы GPS-съёмок и др.

Качество планировочного решения определяется полнотой исходных данных. Функционал IndorCAD наряду с цифровой моделью местности позволяет учесть геологические и гидрологические особенности территории размещения ОДС. Положение и характеристики геологических слоёв оцениваются в любой проекции: продольном профиле трассы, поперечных

После проектирования генерального плана в автоматическом режиме создаётся проектная поверхность ОДС, при этом дополнительных построений не требуется.

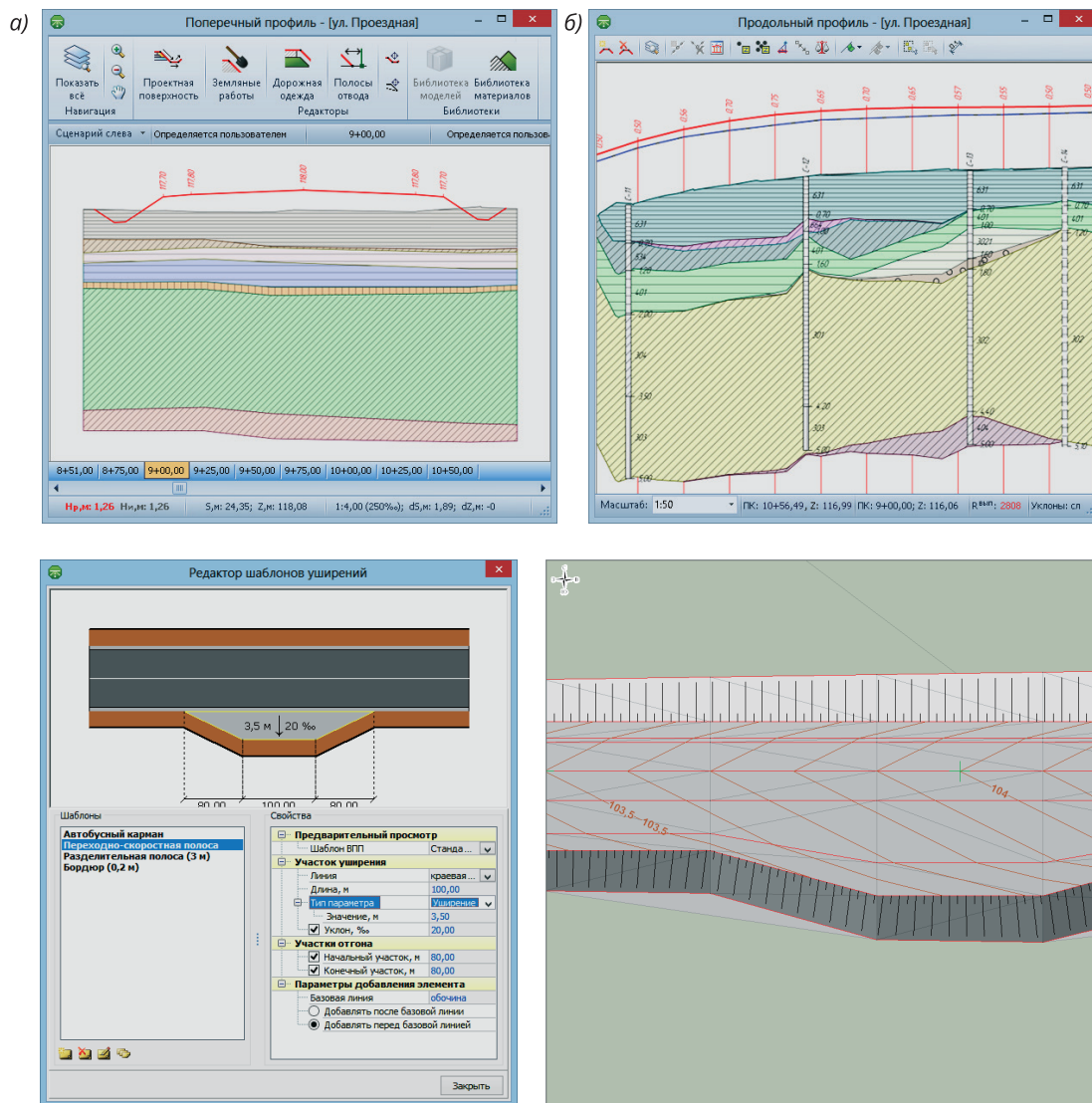


Рис. 8. Поперечный (а) и продольный (б) профили модели литологического строения земельного участка в месте размещения объекта дорожного сервиса

Рис. 9. Редактор шаблонов уширений земляного полотна

Рис. 10. Отображение вертикальной планировки

профилях трассы или произвольном сечении поверхности. Основой для создания объёмной геологической модели служат данные, введённые по геологическим колонкам. На основе информации о литологическом строении скважин система строит объёмную геологическую модель, которую можно увидеть в окне 3D-вида, а также проанализировать в любом сечении (рис. 8).

Перед созданием остановки общественного транспорта должна быть запроектирована автомобильная дорога в соответствии с действующими нормативными документами, а также выбрано место для размещения остановки.

Для размещения простейших ОДС, таких как, например, остановка общественного транспорта на автомобильной дороге, в САПР IndorCAD реализо-

вана функция «Шаблоны уширений» (рис. 9).

При помощи редактора шаблонов уширений можно практически в автоматическом режиме создавать остановочные пункты общественного транспорта, включая параметры переходно-скоростных полос и других полос, предназначенных для стоянки и парковки автомобилей.

На любом этапе проектирования в системе IndorCAD можно отобразить и проанализировать вертикальную планировку проектируемого объекта (рис. 10).

В системе автоматически формируется 3D-модель проекта ОДС с отображением всех элементов обустройства автомобильной дороги (рис. 11).

Ниже приводится пример использования программного комплекса IndorCAD при разработке планиро-

вочного решения ОДС индивидуального типа.

1. В первую очередь необходимо определиться с основными геометрическими параметрами и местоположением ОДС, а также выполнить проектирование основной автомобильной дороги (план, продольный и поперечные профили, место примыкания к ОДС) (рис. 12).

2. Далее производится проектирование генерального плана с учётом необходимых геометрических параметров ОДС с помощью имеющихся в IndorCAD инструментов трассирования.

3. После проектирования генерального плана в автоматическом режиме создаётся проектная поверхность ОДС, при этом дополнительных построений не требуется. Проектная поверхность позволяет оценить правильность при-



Рис. 11. Отображение 3D-модели проекта

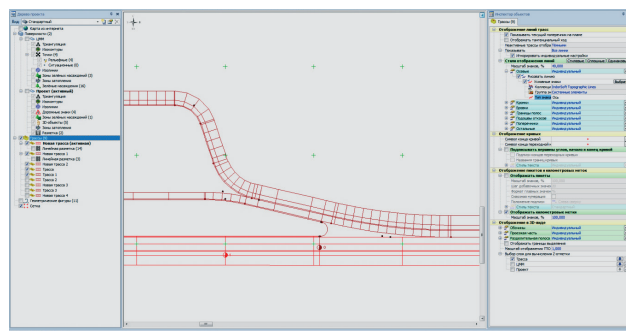


Рис. 12. Трассы элементов ОДС и автомобильной дороги в зоне его размещения

Рис. 13. Фрагменты проектной поверхности ОДС

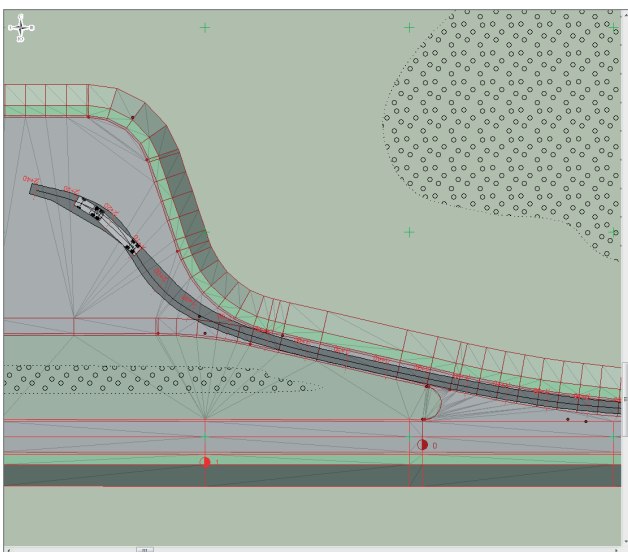
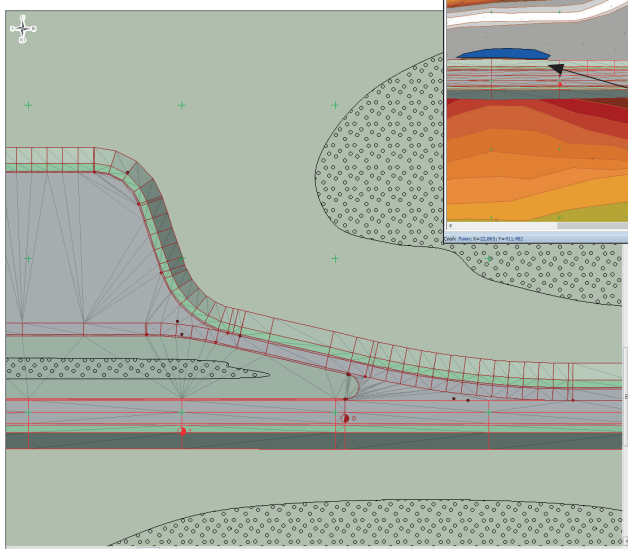


Рис. 15. Моделирование движения автомобилей

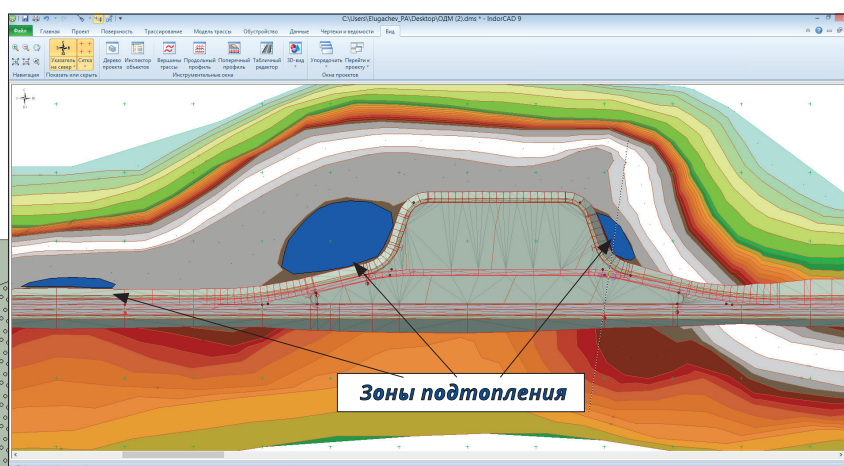


Рис. 14. Оценка проектного решения путём построения зон подтопления

нятых инженерных решений по проектированию элементов генерального плана в высотном отношении (рис. 13). При необходимости возможны изменения в проектной поверхности (путём изменения продольного или поперечных профилей ОДС, примыкания, переходно-скоростной полосы).

4. Для оценки обеспечения поверхностного водоотвода, необходимой для принятия решения о размещении ОДС, используется модель рельефа с размещённым на ней ОДС. Данный инструмент позволяет оценить степень подтопления территории, а также помогает определить необходимые инженерные мероприятия по борьбе с подтоплением (рис. 14).

5. Обязательной процедурой оценки планировочного решения ОДС является моделирование движения автомобилей при въезде/выезде и маневрировании во время парковки (рис. 15).

6. В системе IndorCAD реализован инструмент, позволяющий рассчитывать объёмы земляных работ по сетке на заданном участке плана. Сетка объёмов (рис. 16) позволяет узнать следующую информацию: высотные отметки двух поверхностей в узлах сетки, рабочие отметки (разность вы-

Рис. 16. Сетка картограммы объёмов работ на территории ОДС

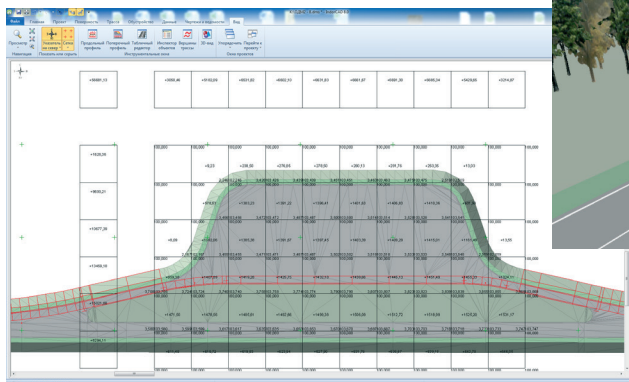


Рис. 17. Визуализация проектного решения территории ОДС и участка дороги в зоне его размещения

сотных отметок в этих точках), линию нулевых работ. Для каждой ячейки сетки отображаются объёмы работ по засыпке и срезке. Кроме этого, вычисляются суммарные объёмы работ по каждой строке и столбцу сетки.

7. Оценка проектных решений. Для визуальной оценки проектных решений используется модуль трёхмерной визуализации (рис. 17), позволяющий реалистично представить проект вместе с инженерным обустройством, зелёными насаждениями, зданиями и другими объектами, расположенными в зоне проектирования. Проектирование таких объектов осуществляется в окне плана проекта, но вместе с условными обозначениями объектов на плане формируются их 3D-аналоги. В число стандартных трёхмерных элементов входят дорожные знаки, ограждения, здания, деревья, инженерные коммуникации и многие другие объекты.

8. Окончательным этапом проектирования объектов дорожного сервиса является выпуск инженерных чертежей и ведомостей объёмов строительно-монтажных работ. IndorCAD позволяет формировать чертежи плана, поперечных профилей произвольного сечения, продольного профиля проезжей части, лотков, водопропускных труб. Ведомости объёмов и разбивочные ведомости в системе формируются автоматически.

Основные положения проектирования объектов дорожного сервиса в САПР CREDO

Программный комплекс CREDO даёт возможность значительно сократить затраты рабочего времени и количество ошибок, возникающих в процессе проектирования площадок для размещения ОДС и участков автомобильных дорог в зоне их размещения.

Функциональные возможности САПР CREDO и технологии их применения обеспечивают выполнение всех этапов проектирования как простых, так и сложных конфигураций площадок для размещения ОДС и подъездов к ним с учё-

том современных норм проектирования и требований по обеспечению безопасности дорожного движения.

С помощью специальных функций по работе с поверхностями и плоскостями программа предоставляет возможность определить оптимальное положение в пространстве площадки для размещения ОДС с учётом обеспечения требуемого водоотвода и баланса либо минимизации земляных работ и, как следствие, сократить стоимость строительства объекта. Так, например, при помощи функции создания поверхности от структурной линии до существующей поверхности программный комплекс CREDO позволяет легко получить сопряжение проектной поверхности площадки для размещения ОДС с существующим рельефом (создание откосов с заданным градиентом/заложением). Также программный комплекс CREDO позволяет использовать переходные кривые переменной скорости движения (VGV_Kurve), обеспечивающие повышение удобства и безопасности движения на ответвлениях въездов и выездов с объектов придорожного сервиса. Данные кривые рекомендуется применять на загородных дорогах, где необходимо обеспечить своевременное безопасное снижение скорости, и на въездах на автомобильную дорогу для обеспечения разгона и безопасного слияния с основным (транзитным) потоком автомобилей. При проектировании подъездов к объектам сервиса следует учитывать, что въезжающие и выезжающие автомобили не должны затруднять или задерживать движение транзитного транспорта по основной дороге.

Исходным материалом для проектирования ОДС и подъездов к ним в комплексе CREDO могут быть растровые изображения топографических планов, карт, планшетов, подготовленные в системе «ТРАНСФОРМ», результаты обработки инженерно-геодезических и инженерно-геологических изысканий. В систему могут подгружаться текстовые файлы типа CXYZ, файлы GDS, DXF, точки лазерного сканирования в формате

LAS, космические снимки с ресурса «Экспресс Космоснимки». Также исходные данные могут конвертироваться с помощью системы «CREDO КОНВЕРТЕР» из других систем.

Для полноценного проектирования всех разделов генерального плана объекта дорожного сервиса необходимы: трёхмерная модель поверхности рельефа и ситуация, которые могут быть выполнены в системах «CREDO ТОПОПЛАН», «CREDO ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ», «CREDO ДОРОГИ», а также геологическая модель, которая

может быть сформирована в «CREDO ГЕОЛОГИЯ».

При проектировании площадок для размещения ОДС и подъездов к ним в зависимости от выполняемых задач применяют системы «CREDO ГЕНПЛАН» либо «CREDO ДОРОГИ». Для решения дополнительных задач могут использоваться модули «ВИЗУАЛИЗАЦИЯ» и «ОЦЕНКА ДОРОГИ», а также программы «CREDO РАДОН», «CREDO ДИСЛОКАЦИЯ», «ЗНАК», «ГРИС», «МОРОФОСТВОР», «ОТКОС», «МОСТ», «ТРУБЫ», «РАБС», «ЖЕЛДОРПЛАН».

При проектировании ОДС и подъездов к ним программный комплекс CREDO решает следующие задачи:

- проектирование генеральных планов сооружений, строительных площадок, объектов архитектуры и градостроительства, жилищно-гражданских объектов;
- создание цифровой модели местности инженерного назначения, включающей модели рельефа, ситуации и геологического строения площадки;
- выполнение горизонтальной планировки территории.

В САПР CREDO может быть реализована следующая технология проектирования площадок для размещения ОДС и участков автомобильных дорог в зоне их расположения.

С использованием данных, полученных в результате геодезических изысканий, включая результаты лазерного сканирования, аэрофотосъёмку, существующие схемы и др., в программном комплексе CREDO создаётся цифровая модель местности и при необходимости выполняется проектирование автомобильной дороги, в зоне которой будет располагаться объект сервиса.

На основании действующих норм и рекомендаций определяют местоположение, тип, конфигурацию и схему размещения объекта сервиса относительно автомобильной дороги. С учётом количества одновременно стоящих автомобилей, их габаритов и схем установки назначают размеры площадки для стоянки автомобилей у объекта сервиса.

С учётом назначения объекта сервиса и категории автомобильной дороги рассчитывают параметры переходно-скоростных полос, въезда и съезда, а также вычисляют требуемую величину снижения скорости на подъезде к объекту сервиса ΔV (разница скоростей по автомобильной дороге в начале переходной-скоростной полосы и в конце съезда к площадке для стоянки автомобилей у объекта сервиса).

В случае использования кривых переменной скорости движения (VGV_Kurve) при проектировании въездов и выездов с объекта придорожного сервиса определяют их параметры с учётом требуемой величины снижения скорости и допустимых норм комфортного и безопасного движения

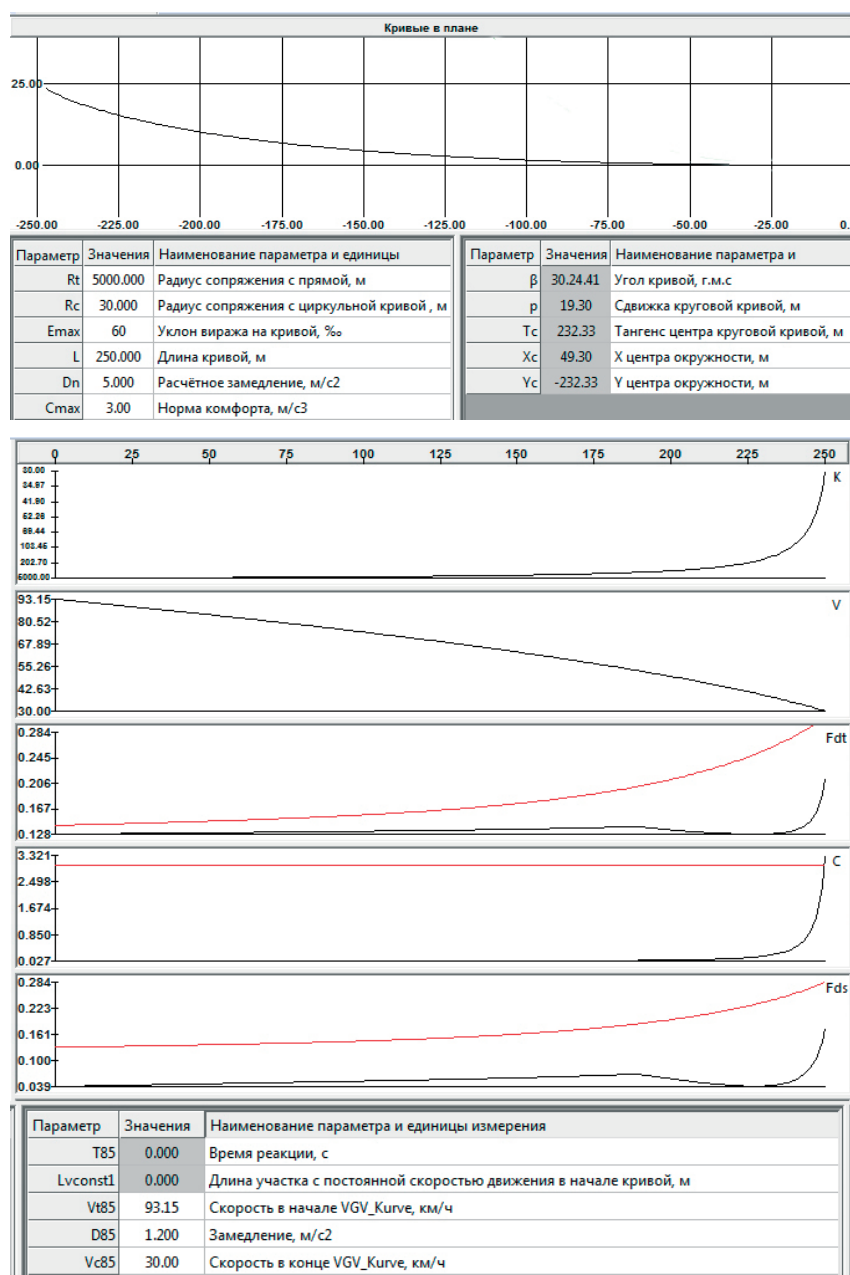


Рис. 18. Параметры, учитываемые для конструирования и оценки функциональных параметров VGV_Kurve

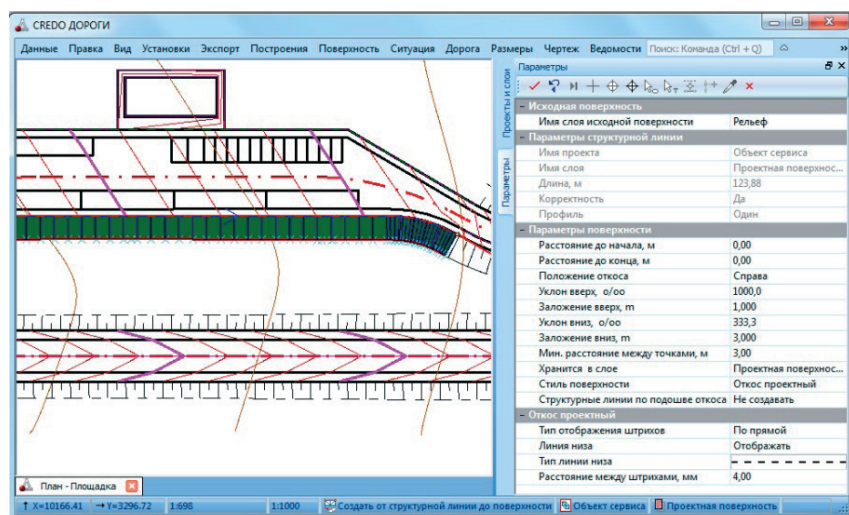


Рис. 21. Использование функции создания поверхности с требуемым заложением от структурной линии до существующей поверхности при проектировании откосов

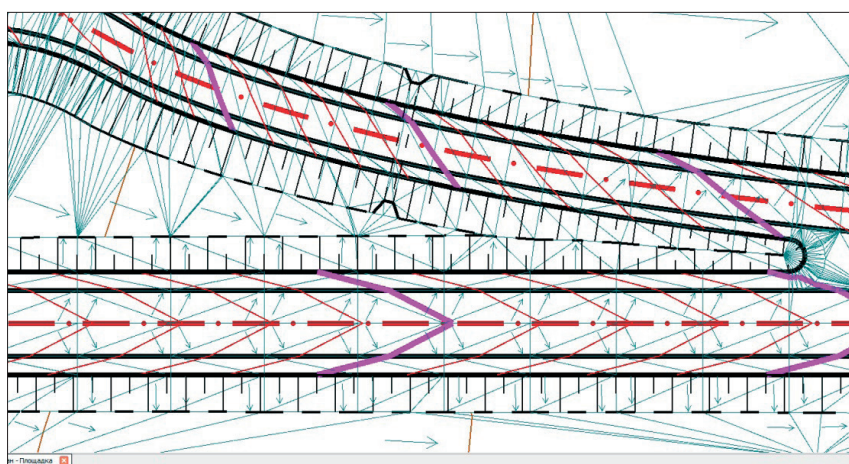


Рис. 22. Определение положения трубы для обеспечения отвода поверхностных вод

Таблица 2. Функциональные особенности модулей САПР «Топоматик Robur»

| НАИМЕНОВАНИЕ МОДУЛЯ | ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОДУЛЯ |
|--|---|
| Геодезия | Набор инструментов для обработки материалов геодезических изысканий. Обработка материалов полигонометрической, тахеометрической и нивелирной съемки. |
| Цифровая модель рельефа | Создание, построение и редактирование поверхностей площадок ОДС и участков дорог в зоне их размещения. |
| Редактор ситуации | Создание примитивов и блоков для элементов ситуации ОДС. Использование растровых подложек. Импорт/экспорт ситуации в/из AutoCAD. |
| Трассирование (план трассы) | Трассирование планировочных элементов ОДС. Редактирование положения трасс. Вертикальная планировка территории ОДС. |
| Земляное полотно (продольный и поперечный профили) | Продольные профили Создание и редактирование чёрного профиля. Проектирование красного продольного профиля. Проектирование пилообразного продольного профиля на территории ОДС. Определение пересечения с другими подбъектами Поперечные профили Проектирование верха земляного полотна откосов и кюветов. Визуальное редактирование откосов. Проектирование кюветов. Подсчёт объёмов работ. |
| Визуализация | Просмотр трёхмерной модели проекта ОДС. |
| Оценка проектных решений | Оценка уровня загрузки, определение скорости и уровня безопасности движения, оценка видимости участка дороги в зоне ОДС. |
| Импорт/экспорт | Импорт/экспорт планировочных решений ОДС из других программных приложений в файлы соответствующих форматов для последующей обработки при помощи других программ. |
| Работа с планшетами | Создание планшетов (чертежей) различных форматов и масштабов, а также их заполнение условными знаками и другими элементами ситуации по желанию пользователя. |

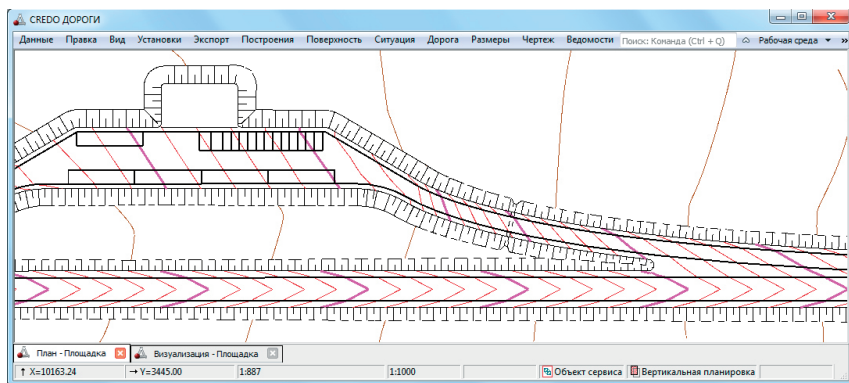


Рис. 23. Проект вертикальной планировки площадки для размещения ОДС и подъездов к ней

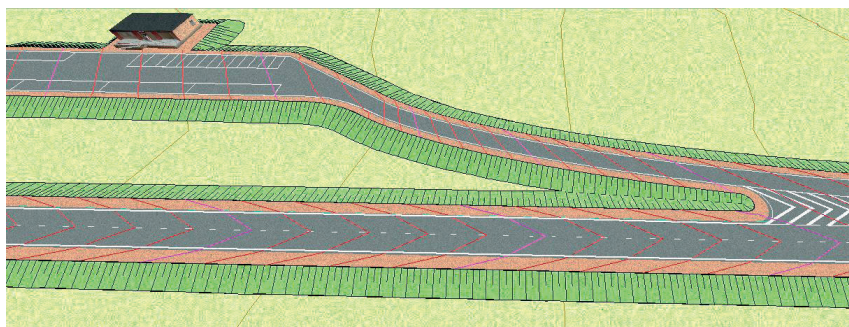


Рис. 24. Интегрированная 3D-модель дороги и объекта сервиса

| Общие | | | Карман | | Площадка ожидания | | Посадочная площадка | |
|--------------------------------------|-----------|-------------------------------|----------------------------------|-----------|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| Наименование | Ширина, м | Длина до площадки ожидания, м | Длина после площадки ожидания, м | Ширина, м | Длина до оси, м | Длина после оси, м | Ширина, м | Длина до оси, м |
| 1. Остановка с ПСП и карманом 13 м. | 3.75 | 15.00 | 15.00 | 9.50 | 6.50 | 6.50 | 3.00 | 6.50 |
| 2. Остановка с ПСП и площадкой 13 м. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.50 | 6.50 | 6.50 | 3.00 | 6.50 |
| 3. Остановка с карманом 13 м. | 3.75 | 15.00 | 15.00 | 9.50 | 6.50 | 6.50 | 3.00 | 6.50 |
| 4. Остановка с ПСП и карманом 20 м. | 3.75 | 15.00 | 15.00 | 9.50 | 10.00 | 10.00 | 3.00 | 10.00 |
| 5. Остановка с ПСП и площадкой 20 м. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 9.50 | 10.00 | 10.00 | 3.00 | 10.00 |
| 6. Остановка с карманом 20 м. | 3.75 | 15.00 | 15.00 | 9.50 | 10.00 | 10.00 | 3.00 | 10.00 |

Рис. 25. Библиотека типовых остановок

крытий при ремонте существующих и строительстве новых объектов дорожного сервиса.

С помощью программных продуктов «CREDO ДОРОГИ», «CREDO ДИСЛОКАЦИЯ» и ZNAK решаются задачи по обеспечению безопасности дорожного движения на территории и в зоне размещения ОДС: расстановка дорожных знаков, нанесение горизонтальной разметки и других элементов обустройства дороги, проектирование индивидуальных автодорожных знаков.

Особенности программного комплекса «Топоматик Robur» при проектировании объектов дорожного сервиса

Программный комплекс «Топоматик Robur» содержит функционал, который может быть применён для проектирования ОДС. К данному функционалу относятся следующие модули общего назначения (поверх-

ности, разметка, знаки) и специализированные модули (съезды, остановки, площадки) (табл. 2).

Пример проектирования остановочного пункта с использованием программного комплекса «Топоматик Robur»

В данном примере показана последовательность шагов при проектировании в программном комплексе «Топоматик Robur» остановки по одной из типовых схем. Геометрические характеристики остановок задаются параметрически. Наиболее часто используемые типы остановок собраны в специальную библиотеку (рис. 25).

Фактически весь процесс проектирования остановок сводится к выбору типовой схемы и корректировке необходимых параметров. Так как создание остановки предельно формализовано, то большинство построений Robur выполняет автоматически.

Перед созданием остановки должна быть запроектирована автомобильная дорога (план, продольный профиль и поперечные профили).

При помощи элемента меню Задачи > Остановки > Добавить остановку добавляются требуемый объект и назначаются его параметры (рис. 26).

В результате к автомобильной дороге добавляется группа дополнительных полос, формирующих плановое положение проектируемой остановки, и автоматически происходит уширение элементов конструкций на соответствующих поперечниках (рис. 27).

Для вертикальной планировки используют уклоны проезжей части и обочины автомобильной дороги. Программа автоматически генерирует 3D-модель, используемую далее как для оформления чертежей, так и для подсчёта объёмов (рис. 28).

Для автоматизированного нанесения размеров и формирования чертежа остановочного пункта используется механизм планшетов (меню Рисовать > Планшет). Пример автоматически сгенерированного чертежа показан на рисунке 29.

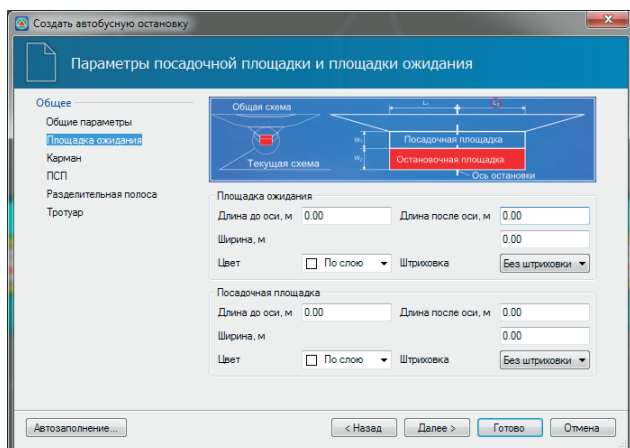


Рис. 26. Добавление остановки и назначение параметров

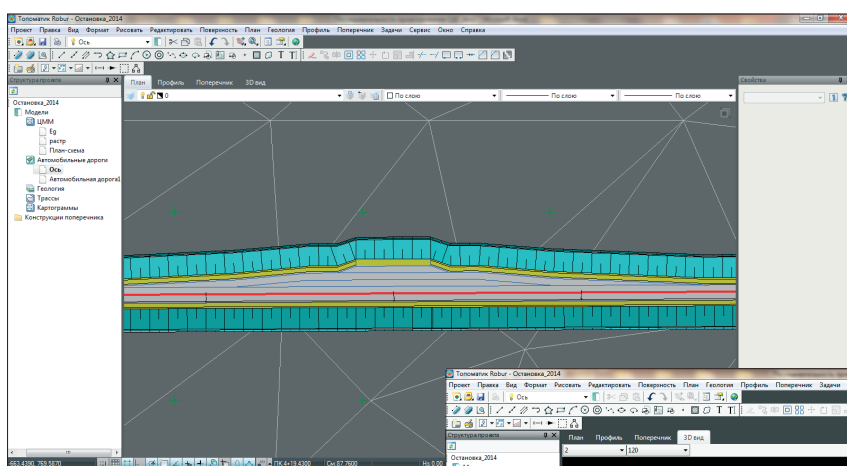


Рис. 28. Остановочный пункт в окне «3D-вид»

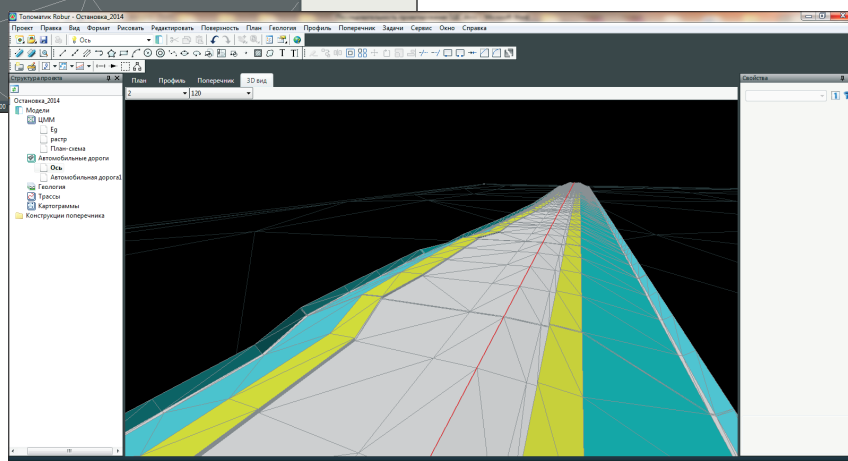


Рис. 27. Фрагмент участка плана автомобильной дороги с автобусной остановкой

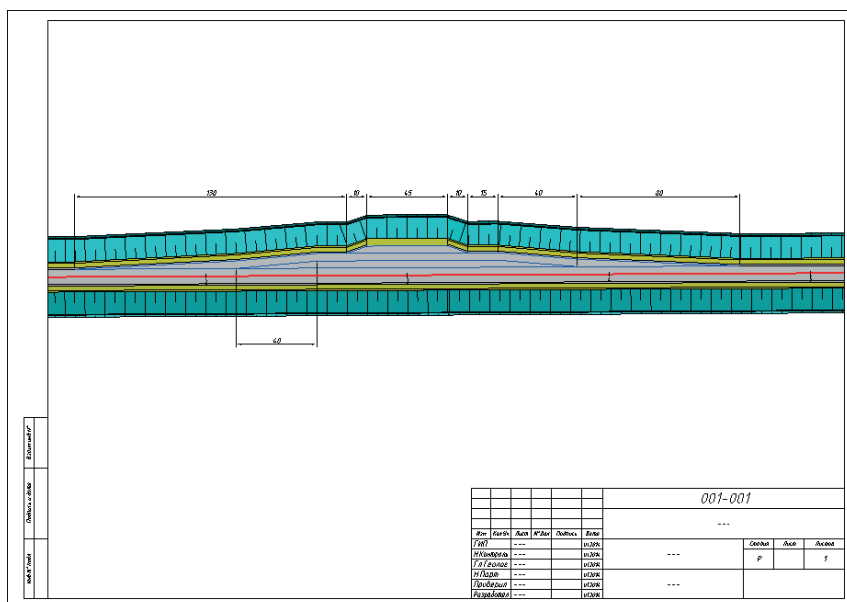


Рис. 29. Чертёж остановочного пункта

В «Топоматик Robur» имеются готовые библиотеки типовых условных знаков, используемые для оформления как топографических, так и генеральных планов.

Пример проектирования АЗС с использованием программного комплекса «Топоматик Robur»

Последовательность действий при проектировании объектов дорожного сервиса при помощи программного комплекса «Топоматик Robur» показана на примере планировки автозаправочной станции (АЗС).

В качестве исходных данных используется цифровая модель местности (ЦММ), построенная по данным геодезической съёмки.

Горизонтальная планировка

Вначале выполняется горизонтальная планировка площадки. Для этого определяется состав и положение основных элементов АЗС. Далее создаётся новая поверхность, и при помощи механизма ввода условных знаков на

ней располагаются требуемые объекты (рис. 30).

Для вставки условных знаков предназначена панель инструментов «Условные знаки» (рис. 31).

В «Топоматик Robur» имеются готовые библиотеки типовых условных знаков, используемые для оформления как топографических, так и генеральных планов.

Вертикальная планировка

Вертикальная планировка является одной из ключевых и наиболее трудоёмких задач проектирования генплана.

Шаг 1. Назначаются отметки опорных точек (здания АЗС и основные сооружения) исходя из следующих условий:

- эстетика обзора АЗС со стороны дороги;

Таблица 3. Инструментарий для работы с вертикальной планировкой

| № П./П. | ФУНКЦИЯ | ЭСКИЗ |
|---------|---|-------|
| 1 | Работа с уклоноуказателями. Структурные линии имеют специальную опцию, позволяющую отображать уклон и длину выбранных сегментов. Это позволяет наглядно видеть в плане проектируемый рельеф. Изменение координат или отметок точек приводит к динамическому обновлению длин и уклонов. | |
| 2 | Редактирование продольного профиля структурных линий. Функция предназначена для детального редактирования профиля линейного объекта и создания чертежа сечения необходимого масштаба. | |
| 3 | Проектирование водоразделов и дождеприёмных колодцев. Набор специальных команд, позволяющих проектировать водоотвод на участках с нулевыми уклонами. На горизонтальных участках программа по заданным критериям автоматически рассчитывает положение водораздела и формирует фрагмент пилообразного профиля. | |

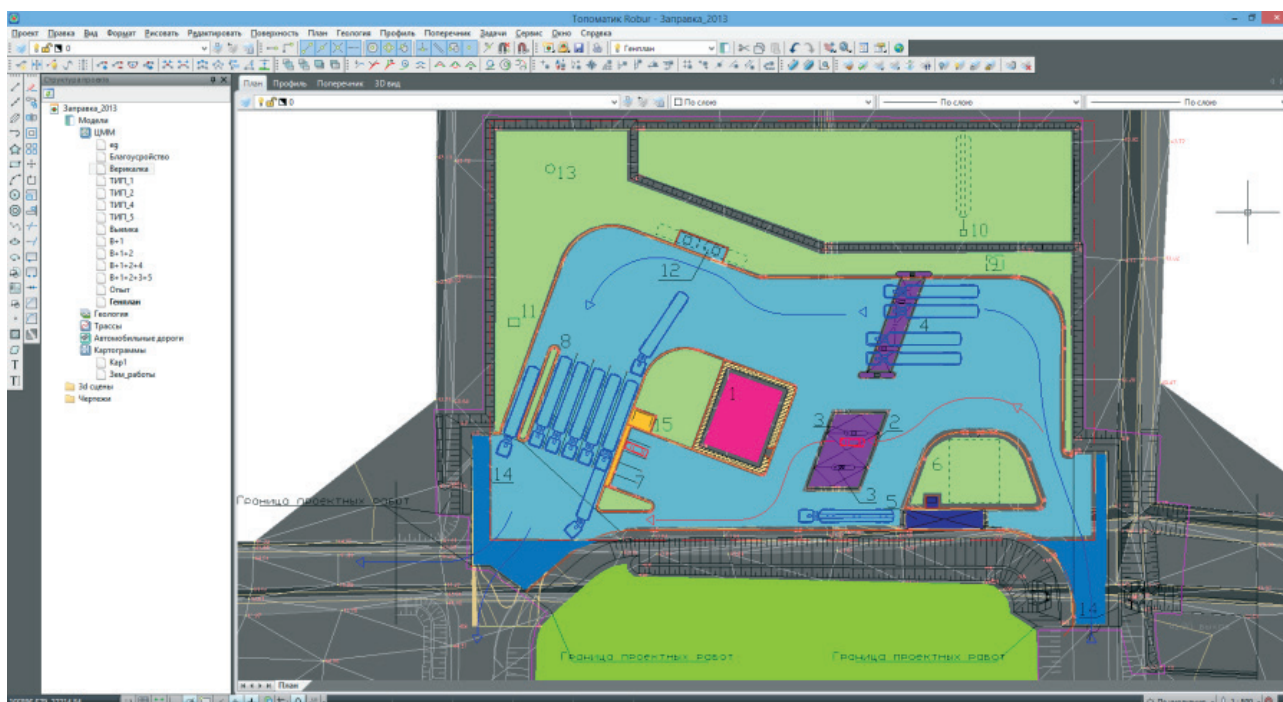


Рис. 30. Горизонтальная планировка площадки АЗС (цифрами обозначены):
1 — здание АЗС; 2 — навес над ТРК; 3 — ТРК легковых автомобилей; 4 — ТРК грузовых автомобилей (с сателлитом); 5 — площадка АЦ; 6 — резервуары топливные; 7 — стоянка легковых автомобилей; 8 — стоянка грузовых автомобилей; 9 — очистные сооружения ливневых стоков; 10 — очистные сооружения хозяйственных стоков с полем орошения; 11 — МТП; 12 — резервуары пожарные; 13 — буровой колодец; 14 — силовое ограждение; 15 — контейнерная площадка бытовых отходов.

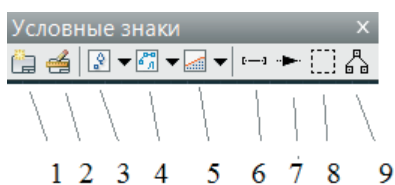


Рис. 31. Панель инструментов «Условные знаки» (цифрами обозначены):
1 — добавить лист; 2 — генерировать планшет; 3 — вставить точечный условный знак; 4 — вставить линейный условный знак; 5 — вставить площадной условный знак; 6 — знак в начало или конец линии; 7 — знак в сегмент линии; 8 — прямоугольный линейный объект; 9 — условные знаки в узлах.

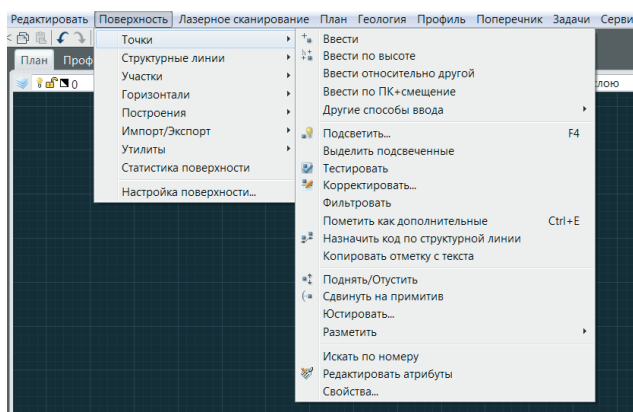


Рис. 32. Меню Поверхность > Точки

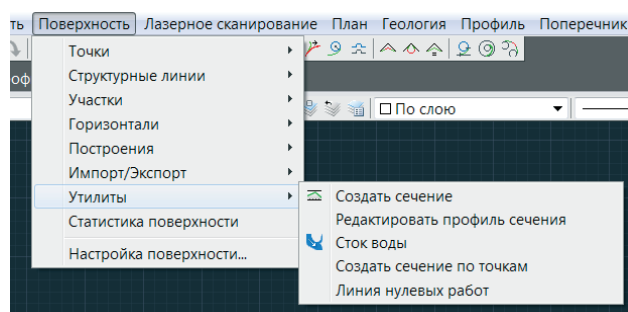


Рис. 33. Меню Поверхность > Утилиты

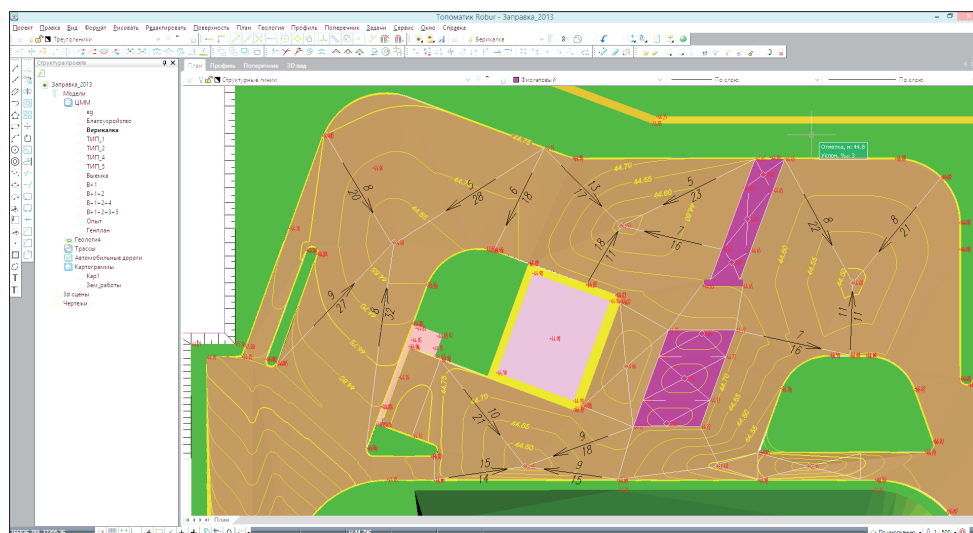


Рис. 34. Проектная поверхность по верху покрытия

- оптимизация объёмов земляных работ и работ по водоотведению;
- удобство проектирования заездов и съездов.

Для этого используется функционал, сгруппированный в разделе меню Поверхность > Точки (рис. 32).

Шаг 2. Назначают отметки других характерных точек с учётом требований поверхностного водоотвода. Для проектирования вертикальной планировки площадных объектов в «Топоматик Robur» предназначен специализированный инструментарий (табл. 3).

В процессе проектирования создаются точки и структурные линии, которые будут определять проектируемую территорию ОДС.

Шаг 3. Строят проектную поверхность по верху покрытия и проводят её анализ. Весь необходимый функционал представлен в меню Поверхность > Утилиты (рис. 33).

Общий вид проектной поверхности показан на рисунке 34.

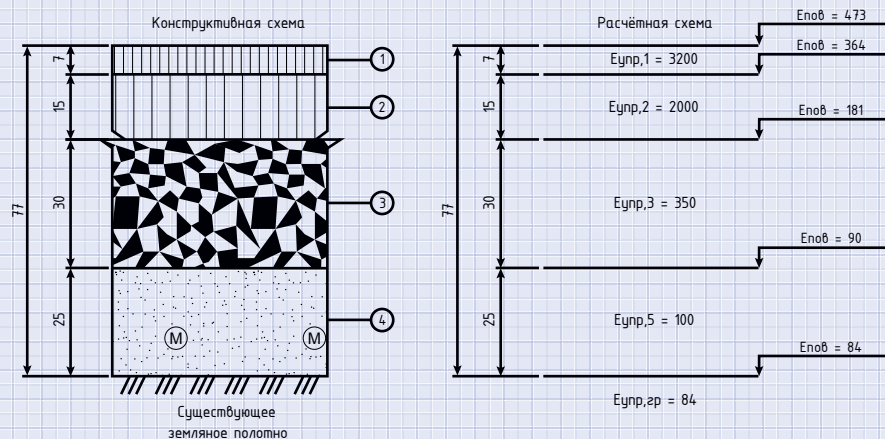
Программный комплекс «Топоматик Robur» имеет широкие базовые возможности для редактирования поверхностей и предоставляет проектировщику различные способы отображения данных для анализа поверхностного водоотвода.

Следующим этапом является создание участков с различными типами конструкций (а/б покрытие, плитка, газоны и т.д.). Для каждого участка задаётся толщина покрытия. Далее отметки участков опускаются на величину толщин покрытия, и в результате получается проектная поверхность по низу конструкций, которая будет использоваться при построении картограммы земляных работ.

Для определения объёмов между двумя выбранными поверхностями (существующей землёй и проектной поверхностью по низу конструкций дорожной одежды) используют модуль расчёта картограмм. Модуль позволяет делать расчёт объёмов насыпей и выемок с отображением линии нулевых работ и подсчётом соответствующих объёмов в каждой ячейке. [1]

Литература:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 29 октября 2009 г. № 860 г. Москва «О требованиях к обеспеченности автомобильных дорог общего пользования объектами дорожного сервиса, размещаемыми в границах полос отвода» // Собрание законодательства Российской Федерации. 2013. № 23. Ст. 2911.
2. Концепция развития объектов дорожного сервиса в Российской Федерации. Одобрена Минтрансом России (поручение Минтранса России от 21.11.2013. № MC-17/203). URL: <http://ac.gov.ru/files/content/1372/23-12-13-konc-ods-pdf.pdf> (дата обращения: 11.01.2014).
3. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 13 января 2010 г. №4 «Об установлении и использовании придорожных полос автомобильных дорог федерального значения» // «РГ» — Федеральный выпуск. 2010. № 5177.
4. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 13 января 2010 г. № 5 «Об установлении и использовании полос отвода автомобильных дорог федерального значения» (вместе с «Порядком установления и использования полос отвода автомобильных дорог федерального значения») (Зарегистрировано в Минюсте РФ 22.04.2010 № 16969). URL: <http://www.mnogozakonov.ru/catalog/date/2010/1/13/57946/> (дата обращения: 18.09.2013).
5. Поспелов П.И., Щит Б.А., Абдуназаров Ж.Н. Назначение размеров парковочных мест // Развитие и модернизация улично-дорожной сети (УДС) крупных городов с учётом особенностей организации и проведения массовых мероприятий международного значения (в рамках подготовки к чемпионату мира по футболу 2018 г.): материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 17–19 сентября 2014 г. Волгоград: ВолгГАСУ, 2014. С. 77–83.
6. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов в ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 10–17.
7. Создание моделей местности в IndorCAD / Кривых И.В. [и др.]. Томск: Изд-во Том. университета, 2015. 402 с.
8. Проектирование автомобильных дорог в IndorCAD / Кривых И.В. [и др.]. Томск: Изд-во Том. университета, 2015. 406 с.



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

Цифровые модели для систем управления дорожно-строительными машинами

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.6

Гулин В.Н., директор по технологиям ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматриваются вопросы применения систем автоматизированного управления дорожно-строительными машинами, имеющие большое значение как для повышения эффективности дорожно-строительного производства, так и для совершенствования парадигмы информационного моделирования дорог.

Предисловие

Степень автоматизации некоторых производственных процессов при строительстве, реконструкции и ремонте автомобильных дорог крайне мала. В частности, такой вид работ, как геодезическая разбивка (вынос проекта в натуру), практически не автоматизирован. Даже на значимых дорожно-строительных объектах в центральных регионах страны по-прежнему можно наблюдать «лес» деревянных кольшков (геодезических маячков), задающих высотные отметки и габариты для работы дорожной техники. Мало того, что разбивка требует затрат времени, материалов и людских ресурсов, результат к тому же не застрахован от влияния «человеческого фактора», то есть ошибок при выполнении работ. Далее всё зависит от мастерства и физического состояния операторов дорожно-строительных машин — насколько быстро и качественно они смогут сформировать структурные слои на основании выполненной разбивки. Не секрет, что переделки, приводящие к дополнительному расходу материалов, износу техники и затягиванию сроков строительства, являются неотъемлемой частью отечественной действительности. Но существует эффективное решение перечисленных выше проблем — системы автома-

тизированного управления дорожно-строительными машинами (САУ ДСМ), о которых на страницах данного журнала уже шла речь ранее [1, 2].

Определение САУ ДСМ

Имеется несколько терминов для описания данной технологии. В англоязычной технической литературе, как правило, используется одно словосочетание — machine control, а вот в русскоязычных источниках можно встретить такие определения, как системы управления техникой, системы нивелирования, 2D/3D-системы и т.п. По своей сути система управления — это программно-аппаратный комплекс, устанавливаемый на строительной технике для постоянного контроля текущего положения рабочего органа машины (отвала бульдозера или грейдера, выглаживающей плиты асфальтоукладчика и т.п.). Системы управления могут быть установлены на различные дорожно-строительные машины: бульдозеры, грейдеры, экскаваторы, грунтовые и асфальтовые катки, дорожные фрезы, укладчики асфальта и бетона (рис. 1). Подробное описание принципов работы систем управления техникой можно найти в публикации [3].

Следует отметить, что подобные системы могут быть установлены не только на технику для до-



Рис. 1. Строительная техника, оснащённая САУ ДСМ

рожного строительства. Существуют решения для роторных экскаваторов в горнодобывающей отрасли, для тракторов (снежных бульдозеров), формирующих сложный рельеф горнолыжных спусков, — этот список можно продолжать, однако, учитывая специфику журнала, далее мы всё же будем говорить только о решениях для дорожно-строительных машин.

Типы САУ ДСМ

С точки зрения функционирования системы управления делятся на индикаторные и автоматические. Первые просто выводят информацию о текущем положении рабочего органа относительно проекта на экран в кабине машины для информирования оператора техники, а вторые, благодаря подключению к гидравлической системе, автоматически приводят рабочий орган машины в нужное (проектное) положение. Не на каждую технику возможно и целесообразно устанавливать автоматические системы с подключением к гидравлике машины. Например, для экскаваторов пока не существует полностью автоматических систем, а в системах для грунтовых или асфальтовых катков о подключении к гидравлике речь вообще не идёт.

С точки зрения решаемых задач системы делятся на 2D и 3D. В первом случае задачей системы является формирование плоских поверхностей (горизонтальных или наклонных)

с использованием в качестве опорной высотной отметки копировальной струны, лазерной плоскости или уже существующей поверхности (например, бордюра или финишного покрытия). Такие 2D-системы не используют в своей работе цифровые модели поверхности. Задачей 3D-систем управления техникой является формирование сложных по форме поверхностей, и для работы таких систем требуется использование трёхмерных цифровых моделей.

В данной публикации термин «системы автоматизированного управления» (САУ) будет использоваться для обобщённого обозначения всех типов систем управления (систем нивелирования), используемых на дорожно-строительных машинах (ДСМ).

Производители САУ ДСМ

Поставщиков таких решений на мировой арене не так много, а в контексте данной статьи нас интересуют главным образом поставщики 3D-систем управления, — далее станет понятно, почему именно они. Среди поставщиков 3D САУ ДСМ на мировом рынке первенство принадлежит трём всемирно известным производителям: Leica Geosystems (Швейцария), Topcon Positioning Systems (США) и Trimble Navigation (США). Не случайно лидерами в разработках САУ являются общепризнанные мировые лидеры в области производства геодезического оборудования — системы управления

техникой являются результатом интеграции самых передовых геодезических технологий со сложными аппаратно-программными комплексами. Все перечисленные выше производители предоставляют пользователям широкий ассортимент решений для обширного спектра дорожных машин, а выбор конкретного бренда зависит уже от индивидуальных предпочтений заказчиков.

Текущее состояние дел

Выбор типа системы (2D или 3D), как уже упоминалось ранее, зависит от решаемых задач. Принимая во внимание специфику дорожного строительства и необходимость формирования поверхности сложной формы, целесообразно говорить о предпочтительном использовании 3D-систем. Но если речь идёт о 3D-системах управления, в бортовой компьютер САУ ДСМ требуется загрузить цифровую модель той поверхности, которую данная машина должна формировать на конкретном этапе выполнения работ [4]. И вот здесь начинаются вопросы...

На сегодняшний день подрядчик, как правило, получает от проектной организации проект строящегося объекта на бумажном носителе. Даже если имеется электронный вариант проектной документации (в виде PDF-файлов), он всё равно не может быть загружен в САУ ДСМ, поскольку по своей сути не является трёхмерной цифровой моделью

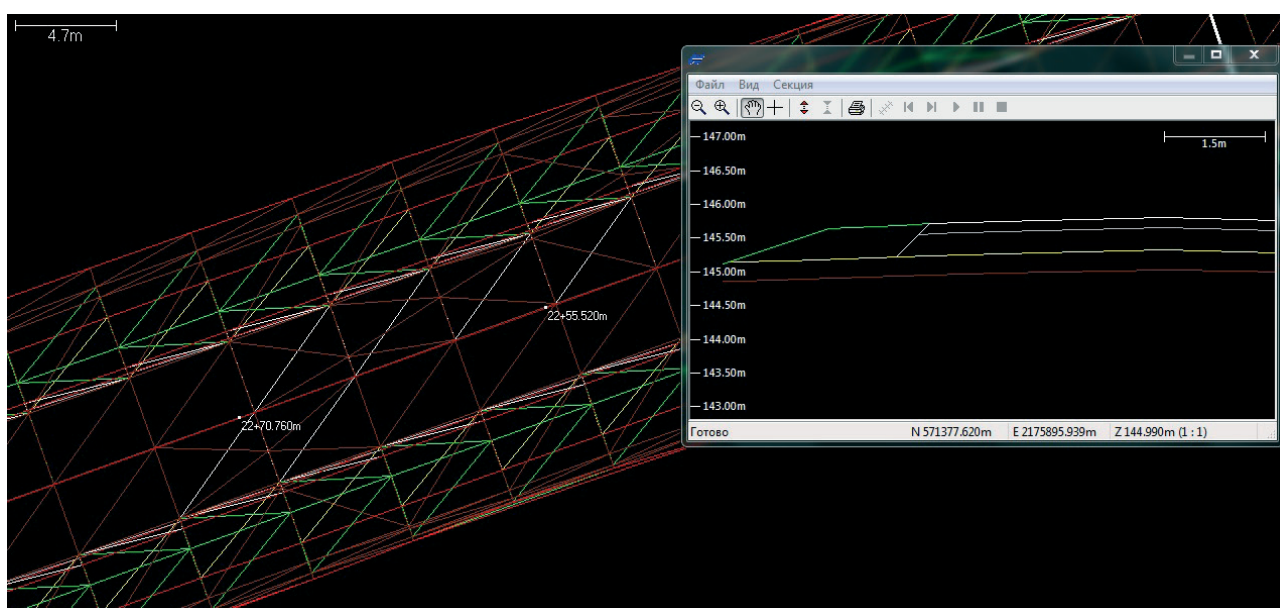


Рис. 2. Пример модели, созданной в программе Topcon 3D Office

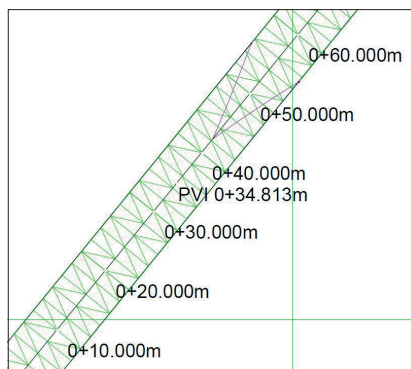


Рис. 3. Пример цифровой модели поверхности в виде триангуляционной сетки (TIN-модель)

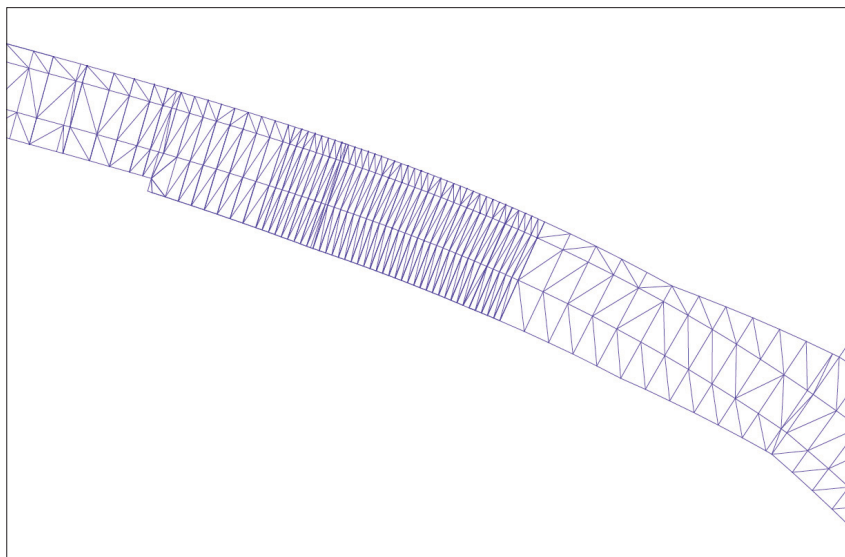


Рис. 4. Пример TIN-модели различной детализации

поверхности. В результате геодезические подразделения подрядчика вынуждены заниматься оцифровкой бумажных материалов для создания цифровых моделей, необходимых для работы САУ ДСМ. Мало сказать, что эта операция требует определённых затрат времени и человеческих ресурсов, опаснее другое. На этапе оцифровки могут быть допущены ошибки, которые затем будут неминуемо «воплощены в жизнь» во время работы техники, если их своевременно не обнаружить. Более того, именно необходимость создания своими силами цифровых моделей поверхности порой является сдерживающим фактором для более широкого внедрения САУ ДСМ в производственные процессы российских дорожно-строительных организаций.

Безусловно, САУ ДСМ не является полностью автономным решением, исключая какое-либо внимание со стороны геодезистов. Как минимум потребность в наличии пунктов планово-высотного обоснования объекта строительства никто не отменяет. Однако многих проблем можно избежать, если исключить из технологической цепочки необходимость самостоятельной подготовки подрядной организацией цифровых моделей поверхности для САУ ДСМ. Этого можно добиться только в том случае, если необходимая информация будет готовиться непосредственно проектными организациями и впоследствии передаваться исполнителю работ в цифровом виде.

Информация, необходимая для работы САУ ДСМ

Как уже отмечалось ранее, для работы любой САУ ДСМ в бортовом компьютере системы должна находиться цифровая модель поверхности того структурного слоя, который будет формироваться данным видом техники на данном этапе выполнения работ. Как правило, структурные слои описаны в соответствующей ведомости, являющейся частью проектной документации. Только теперь все эти поверхности должны быть описаны трёхмерными моделями.

Каждый производитель САУ ДСМ использует цифровые модели поверхности в своём внутреннем формате. Другими словами, чтобы загрузить модель поверхности в бортовой компьютер системы, предварительно её нужно преобразовать в собственный внутренний формат производителя. Для этой цели в комплекте с САУ ДСМ любого производителя поставляется специальное офисное программное обеспечение, позволяющее создавать собственные модели поверхности, а также конвертировать готовые цифровые модели из широко распространённых общепринятых форматов во внутренний формат поставщика решения. В частности, такими специальными программными продуктами являются Leica iCON office, Topcon 3D Office, Trimble Business Center — HCE. На рисунке 2 показан пример модели, созданной в программе Topcon 3D Office.

Функционал каждого из перечисленных программных продуктов достаточно богат и не ограничивается только работой с цифровыми моделями для САУ ДСМ.

Требования к цифровым моделям для САУ ДСМ

Теперь представим, что проектная организация намерена подготовить цифровую модель проекта (ЦМП) строительства (реконструкции, ремонта) участка дороги в том виде, в каком она может быть использована для САУ ДСМ, причём любого производителя. Для решения этой задачи нужно определить, что из себя должна представлять ЦМП дороги с точки зрения формы и содержания.

Абсолютно все производители САУ ДСМ поддерживают работу с триангуляционными (TIN) моделями поверхности. Пример такой поверхности показан на рисунке 3.

В связи с этим видится логичным выбрать такой тип представления 3D-поверхности в качестве универсального, подходящего для использования в любой САУ на любой машине. Но для эффективной работы техники только этого требования может оказаться недостаточно.

Как показывает опыт использования САУ на различных видах работ, плотность детализации TIN-модели также имеет значение для получения качественного результата. Если речь идёт о прямолинейном участке дороги, то для формирования слоёв основания достаточно иметь TIN-модель с дли-

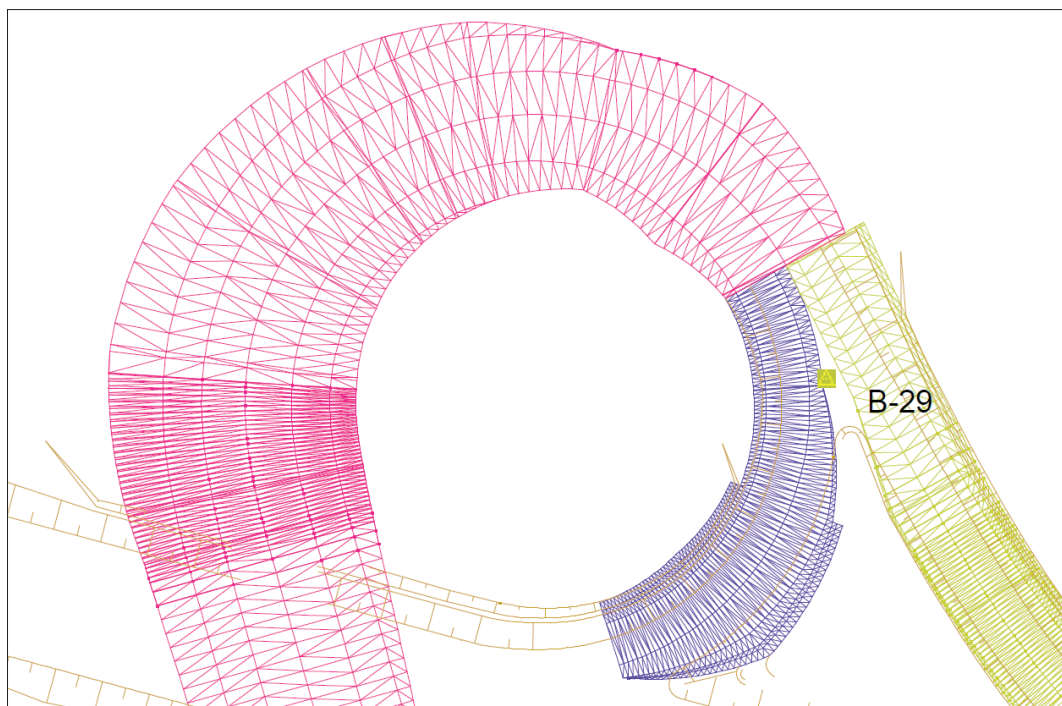


Рис. 5. Пример TIN-модели различной детализации со структурными линиями

нами рёбер треугольников в пределах 10 метров, тогда как для слоёв дорожной одежды под укладку асфальта длины рёбер треугольников уже не должны превышать 5 метров. Если рассматривать участки дорог с динамичным изменением значений продольного или поперечного уклона, потребуется гораздо более плотная TIN-модель с длинами рёбер треугольников в пределах 1–3 метров (рис. 4).

Но и это ещё не всё. Эффективность работы техники, а также удобство оперативного геодезического контроля качества работы САУ ДСМ может заметно возрасти, если на TIN-моделях будут представлены также 3D-полилинии, характеризующие различные элементы трассы (осевая линия, левая и правая бровка, откосы, кюветы и т.д.). Если мы говорим о максимально возможной автоматизации процесса дорожного строительства, то наличие TIN-моделей откосов также является необходимым условием. Пример такой модели показан на рисунке 5.

Это то, что касается содержания. Теперь о форме (или формате) представления данных. С точки зрения импорта файлов сторонних производителей все три перечисленные программы поддерживают форматы AutoCAD DWG/DXF и LandXML — вот и ответ на вопрос касательно рекон-

струируемых форматов представления данных.

Заключение

Приведённая выше информация не претендует на статус финальных рекомендаций. Она скорее должна рассматриваться в качестве отправной точки для более детального и всестороннего обсуждения. Но вот что очень важно отметить. При внедрении такого подхода речь не идёт просто об облегчении жизни подрядных организаций (теперь не надо самим готовить модели поверхности, всю нужную информацию мы получаем от проектных организаций). Последствия от введения такой практики носят гораздо более глубокий характер — это шаг в направлении реализации концепции информационного моделирования дорог на протяжении всех этапов их жизненного цикла. При таком подходе исключается разрыв между проектом в том виде, в каком он задумывался изначально, и его конкретным воплощением в жизнь в результате строительства. Но это ещё не конец цепочки, поскольку далее информационная модель готового сооружения должна передаваться эксплуатирующей организации для эффективного содержания и управления объектом инфраструктуры. На выходе — повышение качества проектной документации и сокра-

щение сроков строительства (реконструкции, ремонта) дорог, а также совершенствование системы управления состоянием сети автомобильных дорог и повышение эффективности капитальных вложений. Конечно, для реализации такой концепции требуется проделать большой объём работы, включающий согласование обменных форматов, подготовку и утверждение регламентов и нормативных документов, поэтапное внедрение новых подходов в производственную практику. Но дорогу осилит только идущий. ■

Литература:

1. Кулижников А.М., Ануфриев А.А., Колесников И.П. Нормативная база для САУ 3D // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 37–42.
2. Райкова Л.С., Петренко Д.А. Строительство автомобильных дорог на основе 3D-моделей // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №2(3). С. 81–85.
3. Букреев И.А., Жданов А.В. Взгляд изнутри // Строительная техника и технологии. 2011. №8. С. 78–81.
4. Гулин В.Н. Цифровой проект — основа для эффективного выполнения дорожно-строительных работ // Дорожная держава. 2010. №25. С. 15–16.

Исследование многообразия схем и нормативов кольцевых пересечений в разных уровнях

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.7

Елугачёв П.А., к.т.н., директор ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Елугачёв М.А., начальник отдела проектирования автомобильных дорог ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Несмотря на большое количество схем транспортных развязок в разных уровнях, систематизированных для различных условий и категорий пересекающихся и примыкающих дорог, в практике проектирования в России и за рубежом в их классическом виде находят применение лишь немногие, из которых наибольшее распространение имеют схемы полного и неполного клеверного листа (в обжатом варианте), трубы. Остальные варианты либо не рассматриваются на этапе проектирования, либо не имеют чётко сформулированной нормативной базы, позволяющей на этапе технико-экономического сравнения схемы пересечения или примыкания сопоставить преимущества и недостатки альтернативных вариантов.

В России сложился стереотип, что транспортная развязка должна развязывать все направления преимущественно с помощью безостановочного движения с одинаковыми пропускными способностями съездов по всем направлениям. Этим требованиям отвечает сравнительно недорогая развязка типа полного клеверного листа, которая и получила широкое распространение. Причины применения данной схемы — её изученность, экономическая эффективность. На основании многолетних наблюдений ряда учёных в СНиП 2.05.02–85* были внесены требования по минимальному радиусу левоповоротных и правоповоротных рамп, их ширине и продольным уклонам. Но такой подход применяется не везде, например в США для каждого из направлений (в зависимости от транспортной модели) прорабатываются отдельные рампы (выделенные). Такой подход хорош с точки зрения перспективы пропускной способности, но весьма капиталоемок. При этом в России необоснованно исключён из методологии и вариантной проработки целый класс транспортных развязок в двух уровнях на основе кольцевых схем, хотя многолетняя практика строительства подтверждает их жизнеспособность.

В 1928 году в США была построена первая транспортная развязка, выполненная по типу «клеверный лист». Уже к 1936 году в США на-

считывалось свыше 125 развязок. В этот период широкое распространение получили кольцевые пересечения в разных уровнях, а именно распределительное кольцо с двумя и пятью путепроводами.

В 1944 году в США были изданы первые технические условия на проектирование транспортных развязок. В этих технических условиях, которые отразили почти двадцатилетний опыт эксплуатации транспортных развязок, были сформулированы основные требования к назначению их геометрических элементов. Расчётные скорости на съездах увязывались с расчётными скоростями на подходящих к транспортным развязкам дорогах.

В 1960-е годы в США стали применять кольцевые пересечения в трёх уровнях. Здесь кольцо располагается в естественном уровне, одна из автомагистралей проходит под кольцом (в тоннеле или выемке), а другая автомагистраль — над кольцом (по эстакаде или насыпи). Пересечение занимает сравнительно небольшую площадь земли, однако строительная стоимость его довольно высока.

Широкое применение кольцевых пересечений в разных уровнях в зарубежных странах актуализирует вопрос рассмотрения данных типов развязок для проектирования и строительства на пересечениях автомобильных дорог в нашей стране

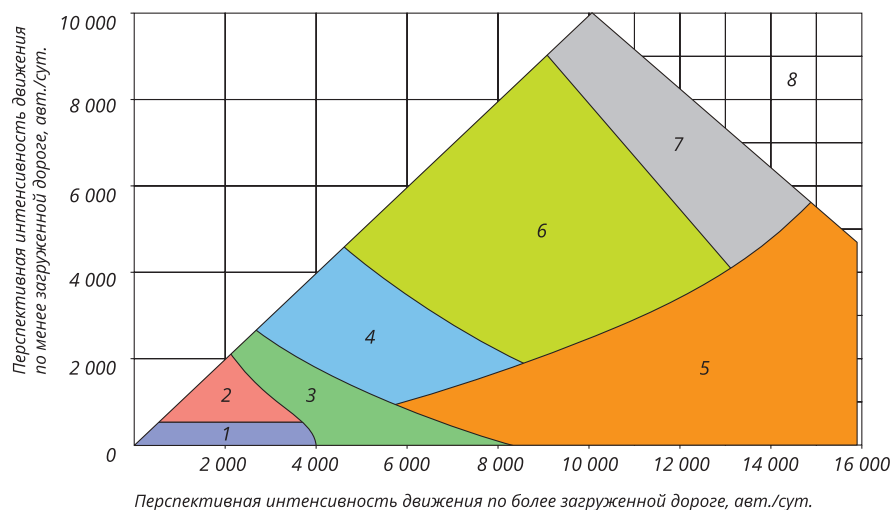


Рис. 1. Номограмма для выбора планировочного решения пересечения



Рис. 2. Транспортная развязка в г. Челябинске до и после реконструкции

в зависимости от интенсивности движения, существующей застройки и необходимой пропускной способности.

В России основы исследования пересечений автомобильных дорог заложили в 60–70-х годах Бабков В.Ф. [1], Сильянов В.В. [2], Гохман В.А. [3] и др.

Их работы легли в основу нормативных документов СССР, а потом Российской Федерации, а именно СНиП 2.05.02–85* и «Технических указаний по проектированию пересечений и примыканий автомобильных дорог», впервые изданных в 1964 году, а затем переизданных в 1975 году.

За счёт высокой эффективности работы таких пересечений не угасает интерес к ним и сегодня [4–7].

Нами проведён анализ научных работ в России и за рубежом за последние 10–15 лет. В последние годы выполнен ряд научных изысканий, в них проводится подробный анализ современных кольцевых пересечений, раундбаутов, обосновывается количество полос, ширины полос на подходе, на входе на кольцо, обосновываются формы и положения островков безопасности, организации движения и т.д. Однако все эти работы рассматривают кольцевое пересечение в одном уровне.

Возникает естественный вопрос — почему в одном и можно ли приравнять транспортную работу кольца в одном уровне к кольцу в двух уровнях? Мы думаем, что нет. Дело в том, что кольцо в двух уровнях характеризуется как самой кольцевой проезжей

частью, так и подходами. На подходах происходит переплетение потоков, что, по нашему мнению, и определяет пропускную способность такого вида пересечения. В связи с этим и физический смысл работы таких переплетений отличен от кольца в одном уровне.

В действующих российских указаниях в зависимости от размеров, состава и распределения движения по направлениям, а также от местных условий необходимо применять различные схемы развязок в разных уровнях. Типы транспортных развязок, а также геометрические параметры их соединительных ответвлений следует использовать с учётом обеспечения требуемой пропускной способности [8]. Кольцевые пересечения рекомендуется применять при суммарной перспективной интенсивности движения от 2000 до 8000 приведённых ед./сут. и относительном равенстве интенсивностей движения на пересекающихся дорогах при условии, что они отличаются не более чем на 20%, а количество автомобилей, совершающих левый поворот, составляет не менее 40% суммарной интенсивности движения на пересекающихся дорогах [8].

На рисунке 1 приведена номограмма для выбора типа планировочных решений пересечений. В соответствии с ней схема кольцевых пересечений попадает в достаточно обширную зону 5–6, что должно быть поводом для широкого их применения, однако всё чаще применяется схема клеверного листа, только потому что она лучше изучена.

Даже реконструкция кольцевого пересечения не всегда является следствием рассмотрения варианта кольца в двух уровнях. На рисунке 2 представлено пересечение в г. Челябинске, до реконструкции выполненное в виде кольца в одном уровне, в связи с высокой интенсивностью не справляющееся со своими функциями. После реконструкции была построена двухуровневая транспортная развязка. Из рисунка следует, что проектировщик принял решение в пользу клеверного листа, и высока вероятность того, что развязка по типу кольца в двух уровнях не была представлена в качестве варианта.

А какие могли быть варианты кольцевых пересечений в разных уровнях? Для этого мы исследовали многообра-

На подходах происходит переплетение потоков, что, по нашему мнению, и определяет пропускную способность такого вида пересечения. В связи с этим и физический смысл работы таких переплетений отличен от кольца в одном уровне.

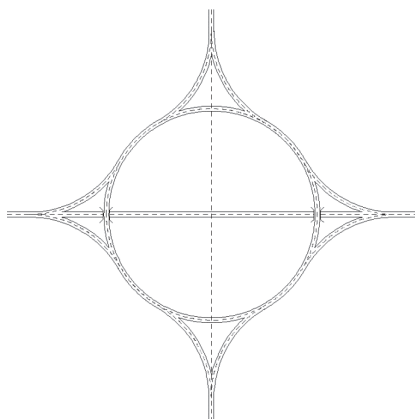


Рис. 3. Распределительное кольцо с двумя путепроводами



Рис. 4. Кольцевое пересечение в разных уровнях на пересечении автомобильных дорог 640 и 148 в Канаде, выполненное по типу распределительного кольца с двумя путепроводами

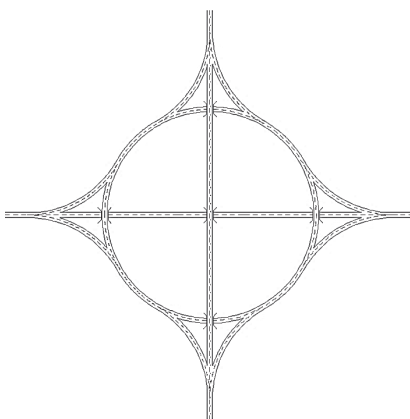


Рис. 5. Распределительное кольцо с пятью путепроводами

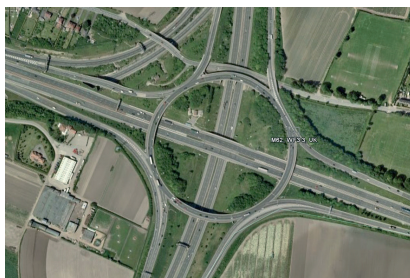


Рис. 6. Кольцевое пересечение в разных уровнях на пересечении автомобильных дорог M62 и M1 в Англии, выполненное по типу распределительного кольца с пятью путепроводами

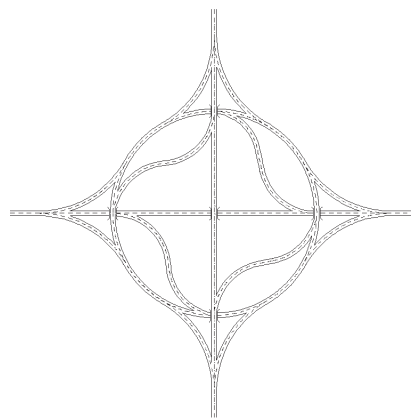


Рис. 7. Улучшенный тип распределительного кольца



Рис. 8. Кольцевое пересечение в разных уровнях на пересечении улиц Малахова и Павловского тракта в г. Барнауле, выполненное по сжатому усовершенствованному типу распределительного кольца с двумя путепроводами

зие схем таких пересечений с помощью сервиса Google Maps.

Вариант №1

Распределительное кольцо с двумя путепроводами применяют при пересечении автомагистрали и второстепенной дороги (рис. 3, 4). При этом скоростной поток автомагистрали проходит по прямой, а пересекаемый поток второстепенной дороги — по кольцу.

Здесь на кольце происходит смещение не только поворачивающих потоков, но и поворачивающих потоков с основным потоком второстепенной дороги, и, кроме того, основной поток второстепенной дороги вынужден проходить по кольцу, что приводит к большому перепробегу. С целью некоторого уменьшения указанного перепробега кольцо иногда вытягивают в направлении второстепенной дороги и выполняют в форме эллипса или в виде двух полуокружностей, соединённых прямыми вставками. Преимуществом данной транспортной развязки по сравнению с распределительным кольцом, имеющим пять путепроводов, является меньшее

количество путепроводов и более низкая стоимость строительства.

Вариант №2

Распределительное кольцо с пятью путепроводами применяют при пересечении двух автомагистралей между собой. Пересечения распределительного кольца с автомагистралями осуществляется таким образом, что кольцо поочерёдно проходит то над одной автомагистралью, то под другой (рис. 5, 6).

Вариант №3

Улучшенный тип распределительного кольца благодаря наличию специальных левоповоротных съездов не имеет точек пересечения потоков в одном уровне (рис. 7, 8). Недостатком данной транспортной развязки является то обстоятельство, что специальные съезды для левоповоротного движения вливаются в кольцо не с правой, а с левой стороны, тогда как на автомагистралях, как правило, все ответвления и присоединения дорог должны устраиваться с правой стороны (по ходу движения).

Большой интерес к изученности вопроса кольцевых пересечений представляет нормативная документация Англии, так как в ней уделяется особое внимание геометрии зон слияния, разветвления и переплетения.

Выше приведены только основные схемы кольцевых пересечений, но и они не изучены в полной мере, по ним нет исчерпывающей нормативной документации, критерии эффективности не определены. Авторами было проанализировано порядка 120 существующих транспортных развязок кольцевого типа. Особый интерес анализа вызывают зоны слияния/разветвления в связи с тем, что вся развязка кольцевого типа состоит из переходов от одной зоны к другой.

Нужно отметить, что в нормативной литературе Европейского союза, а также США и Канады уделено особое внимание моделированию транспортных потоков, исследованию режимов движения и пропускной способности на развязках, а также влиянию вновь возводимых дорожных объектов на существующие. Требования к геометрии кольцевых пересечений отсутствуют.

Большой интерес к изученности вопроса кольцевых пересечений представляет нормативная документация Англии [9], так как в ней уделяется особое внимание геометрии зон слияния, разветвления и переплетения. Этим элементам посвящена целая отдельная глава нормативного документа, в которой описаны основные принципы проектирования таких зон. Например, если присоединяющийся съезд имеет интенсивность большую, чем пропускная способность одной полосы (на основной дороге), тогда необходимо добавлять дополнительную полосу на основной дороге. При этом дополнительная полоса должна обеспечивать адаптивность водителей, движущихся по ней, к новым условиям движения.

Проектирование зон разветвления на основе норм Англии выполняется по диаграммам, построенным исходя из проведённых наблюдений и описанных математической моделью. Для российских условий интенсивности, состава движения, правил проезда по кольцу, приоритета транспортных средств, психологии и культуры вождения применимость данных номограмм должна быть отдельно изучена.

Таким образом, вопросы слияния, разветвления и пересечения потоков на кольцевых транспортных пересечениях нормируются в недостаточной степени, что ведёт к трудностям на этапе трассирования развязки и дальнейшем прохождении государственной экспертизы.

На основе проведённого сравнительного анализа транспортных развязок, нормативно-методических документов авторы особо отмечают актуальность следующих задач:

- Классифицирование кольцевых транспортных пересечений в двух уровнях и выработка рекомендаций по применению схем в зави-

симости от интенсивности движения основной и пересекающейся дорог [10].

- Сужение области изысканий в области проектирования кольцевых транспортных развязок до подробного анализа сплетения/разветвления транспортных потоков.
- Выработка рекомендаций по созданию инструментов автоматизированного проектирования кольцевых пересечений в двух уровнях, используя имеющиеся наработки в системе проектирования автомобильных дорог IndorCAD («ИндорСофт», г. Томск) [11–13]. ■

Литература:

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1993. 271 с.
2. Поспелов П.И., Шевяков А.П., Щит Б.А. Методическое обеспечение проектирования кольцевых пересечений // Вестник МАДИ. 2013. № 1. С. 101–111.
3. Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: Учебник для студ. вузов. 2-е изд., стер. М.: Академия, 2008. 352 с.
4. Гохман В.А., Визгалов В.М., Поляков М.П. Пересечения и примыкания автомобильных дорог: Учебное пособие для авт.-дор. спец. вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1989. 319 с.
5. Елугачёв П.А., Катасонов М.А., Елугачёв М.А. Обоснование ширины и количества полос движения на кольцевых пересечениях автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 26–30.
6. Немчинов Д.М. Некоторые аспекты зарубежного опыта проектирования транспортных пересечений на автомобильных дорогах // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. 2009. №3(34). С. 68–73.
7. Современные кольцевые пресечения. Иркутск: Транспортная лаборатория ИрГТУ, 2009. 103 с.
8. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85*.
9. TD 22/06. DMRB 6.2.1. Layout of Grade Separated Junctions. The highways agency, 2006. 79 p.
10. Поспелов П.И., Щит Б.А., Овчинников М.А. и др. Методическое обеспечение автоматизированного проектирования кольцевых пересечений // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 46–56.
11. Кривых И.В., Мирза Н.С. Проектирование транспортных развязок в IndorCAD // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 36–41.
12. Бойков В.Н. САПР АД — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 6–9.
13. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов в ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 10–17.

Программное обеспечение вариантного проектирования пролётных строений автодорожных деревянных мостов

В статье рассмотрены вопросы создания программного алгоритма автоматизированного проектирования пролётных строений автодорожных деревянных мостов. Разработана адаптивная схема вычисления упругого распределения нагрузки на основе полученной теоремы о загрузениях, обеспечивающая выбор оптимальных геометрических характеристик элементов пролётного строения. Выполнено сравнение измеренных отклонений прогибов реальных пролётных строений с результатами вычисления двумя методами.

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.8

Гостев А.Е., начальник отдела мостов
ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Современные системы и средства автоматизированного проектирования мостов базируются главным образом на методе конечных элементов (МКЭ). Этот метод лежит в основе хорошо известного программного обеспечения: Cosmos (SolidWorks Corporation, США), Scad (SCAD Soft, Москва), Lira (НИИ автоматизированных систем в строительстве, Украина) и др. Несомненным достоинством этих программ является хорошо проработанный пользовательский интерфейс, позволяющий в диалоговом режиме создавать расчётные схемы сложных конструкций с использованием больших библиотек конечных элементов, воздействовать на созданные конструкции статическими и динамическими нагрузками, проводить расчёты с использованием известных теоретических моделей, а также оформлять результаты расчётов на высоком графическом уровне.

Однако использование подобного ПО в вариантном проектировании и в учебной работе по подготовке специалистов затруднено следующими основными обстоятельствами: во-первых, появляется необходимость в дополнительном обучении для освоения пользовательского интерфейса ПО, что усложняет процесс усвоения профилирующих дисциплин студентами; во-вторых, создание расчётной схемы для МКЭ, включающей несколько тысяч узлов и элементов для получения хорошей точности расчётов, требует больших затрат времени, которые не оправдывают себя как в учебном процессе, так и при рутинном вариантном проектировании деревянных пролётных строений.

В связи с этим была поставлена задача создания ПО, позволяющего в короткие сроки освоить вариантное проектирование пролётных строений

автодорожных деревянных мостов как студентам соответствующих специальностей, так и специалистам-проектировщикам, нуждающимся в высвобождении рабочего времени для творческой деятельности. С этой целью для разработки алгоритма такого ПО был выбран один из хорошо зарекомендовавших себя и многократно проверенных на практике классических методов расчёта — метод с использованием коэффициентов упругой передачи.

Дополнительная и не менее важная задача настоящей работы состоит в том, что доказательством достоверности расчётов с использованием разработанного ПО послужит проведение обоснованного сравнительного анализа результатов расчёта с использованием различного хорошо известного ПО, а также прямых натурных измерений, например прогибов пролётных строений при действии известных статических нагрузок. Основное требование к разрабатываемому ПО — наглядный многофункциональный интерфейс, позволяющий эффективно использовать программу не только в качестве инструментария инженера-проектировщика при вариантном проектировании и оперативной оценке грузоподъёмности пролётных строений, но и для учебных целей.

В результате выполненной работы [1, 2] создано ПО Wooden Bridges (WB) для расчёта и проектирования деревянных мостов, несущими элементами которых являются различного вида прогоны (сближенные, двухъярусные, сложные пакетные). ПО WB позволяет рассчитывать вариант пролётного строения с заданными исходными параметрами на выбранную нормативную нагрузку, а также подбирать оптимальные сечения элементов конструкции, их требуемое количество, включая подбор расстояний между

элементами, а также вид и характеристики материала.

Выбор варианта расчёта позволяет проектировщику определить рамки своего участия в процессе вариантного проектирования. Так, например, выбирая опцию «Расчёт оптимального варианта пролётного строения», можно при минимальном количестве исходных данных о предполагаемом проектируемом сооружении получить вариант моста, для которого общие затраты древесины на строительство будут минимальными. В этом случае программа рассчитывает всевозможные варианты элементов пролёта моста для заданной нагрузки, выводит эти сведения в дополнительный протокол и определяет итоговую конструкцию, на строительство которой будет затрачен минимум объёма древесины. Вторая ветка программы — «Расчёт рабочего варианта пролётного строения» — позволяет ввести наиболее полные сведения об элементах проектируемой или уже существующей конструкции пролётного строения и рассчитать их на заданную нагрузку. В этом случае программа ведёт расчёты с выдачей на монитор сообщений о перегрузках элементов моста на различных стадиях расчёта. Получая такие сообщения, проектировщик имеет возможность в режиме диалога усиливать конструкцию отдельных элементов и продолжать расчёты либо по завершении работы программы в итоговом протоколе ознакомиться с процентом перегрузки каждого из элементов конструкции.

В начале работы с программой в главном меню, показанном на рисунке 1, оператором вводятся исходные данные для расчёта (габарит моста, длина пролёта, система рассчитываемого моста и др.), а также выбирается один из двух вариантов расчёта пролётного строения.

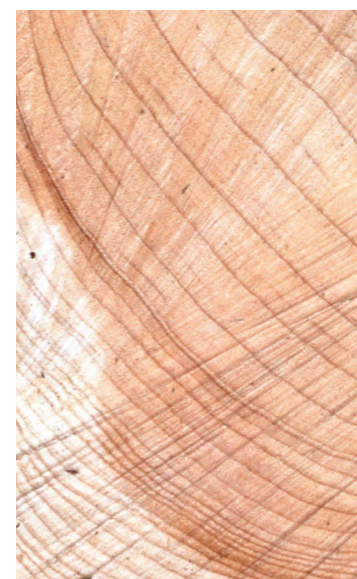
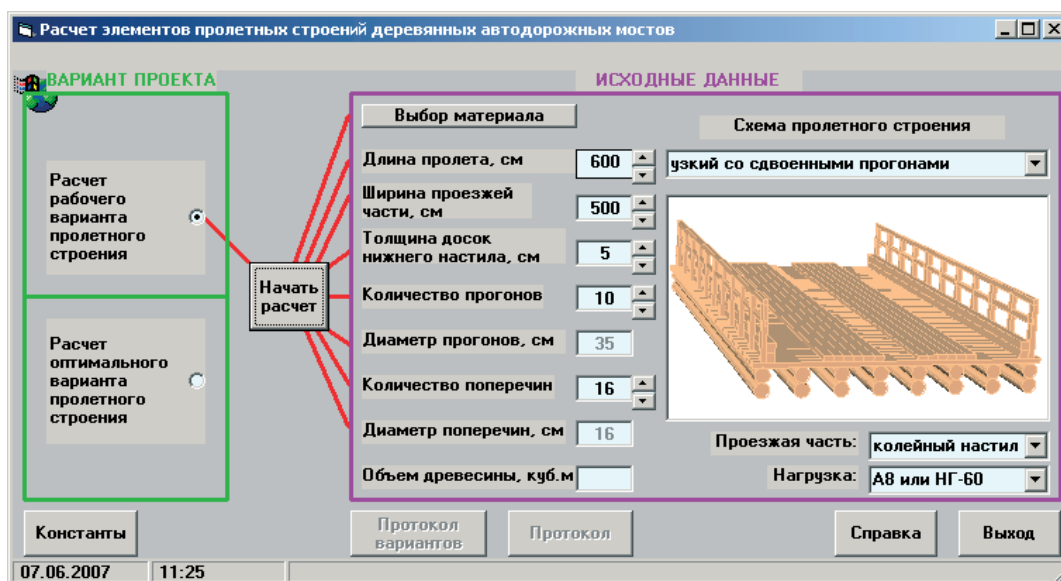


Рис. 1. Главное меню программы Wooden Bridges



Рис. 2. Дополнительное меню «Выбор параметров материала древесины» программы Wooden Bridges

При выборе оптимального варианта расчёта программа запрашивает только значение ширины и длины пролёта, тип проезжей части и вид нормативной нагрузки (А-8, НГ-60), а в отдельном меню «Выбор параметров материала древесины» (рис. 2) необходимо указать характеристики материала брёвен или пластин поперечин, прогонов и досок.

Для расчёта рабочего варианта дополнительно указываются размеры и вид сечения брёвен или пластин поперечин и прогонов, количество прогонов и поперечин, а также толщина досок проезжей части.

Имеется возможность до начала расчётов корректировать в отдельном меню «Константы» некоторые постоянные величины, используемые в алгоритме работы программы, например, характеристики нагрузки, если она не нормативна и специфична, физические параметры древесины, если они уникальны, и др.

После нажатия на кнопку «Начать расчёт» ПО WB приступает к выполнению задания в следующей последовательности. Рассчитывается настил проезжей части на выбранную нагрузку. Предусмотрен расчёт двойного дощатого настила и колеинового настила, второй из которых наиболее часто применяется при строительстве деревянных мостов на дорогах 4 и 5 категории.

Далее рассчитываются поперечины, а затем прогоны, имеющие сечение в виде брёвен или пластин, в зависимости от того, какой был выбран вариант в меню «Выбор параметров

материала древесины». Поперечины и прогоны рассчитываются с учётом коэффициента упругого распределения и распределением давления на 3, 5 или 7 элементов.

Авторами был предложен и апробирован универсальный алгоритм, позволяющий на основе общих соотношений (в зависимости от габарита моста и расстояний между прогонами и поперечинами) проводить расчёты давлений от сосредоточенных и полосовых нагрузок. При этом алгоритм программы предусматривает адаптивный подбор схемы загрузки и расчёт для неё опорных давлений на каждый элемент конструкции. Для этих целей используется полученная авторами [3] теорема о загрузках, позволяющая автоматизировать указанный процесс. Кроме того, в работе [3] показано, что имеющиеся в традиционной схеме расчётов [4, 5] неточности, например, в расчёте давлений от нормативной нагрузки на элементы, могут привести к существенным ошибкам для достаточно часто встречающихся конструкций пролётных строений. Связано это с так называемыми неполными или усечёнными схемами загрузки. Указанный недостаток учтён в алгоритме ПО WB, что позволяет для определённого класса конструкций пролётных строений увеличить точность расчёта опорных давлений на прогоны более чем в два раза.

После окончания расчёта ПО WB оформляет протокол выполнения задания.

Для сравнительного анализа расчёта пролётных строений с использованием ПО WB и программный комплекс Лиры 9.0, в основе алгоритма которого лежит МКЭ, было выбрано 2 деревянных моста, расположенных в Республике Алтай, на которых были проведены все необходимые измерения геометрических характеристик элементов пролётных строений. Первый мост через р. Песчаная на автомобильной дороге Арбайта — Ябоган. Второй мост через р. Куба на автомобильной дороге Чемал — Уолан. Сравнение выполнено по одному параметру — максимальному прогибу пролётного строения, измеренному прогибомерами Максимова при статической нагрузке А-8.

Расчётные схемы реальных пролётных строений в ПК Лиры были выполнены в виде комбинации стержней и пластин соответствующего сечения.

Исходные данные обследованных пролётных строений были введены в ПО WB в режиме «Расчёт рабочего варианта пролётного строения».

Сопоставление результатов расчёта, полученных по МКЭ (ПК Лиры) и классическим методом с использованием коэффициентов упругой передачи (ПО WB), показывает на хорошее соответствие (отличия не более единиц процентов), а сопоставление расчётных значений максимальных прогибов с измеренными на реальных мостах показывает на их отличие в пределах экспериментальной и приборной погрешности. ■

Литература:

1. Бочкарёв Н.Н., Гостев А.Е. Автоматизированный расчёт элементов пролётных строений автодорожных деревянных мостов // Вестник ТГАСУ. 2004. №1. С. 195–204.
2. Bochkariov N.N., Gostev A.E. Designing of variants of wooden span of road bridges // Proceedings International Conference VSU'2004. Bulgaria. Sofia. 2004. V.1. P. 27–32.
3. Бочкарёв Н.Н., Гостев А.Е. Расчёт давлений на элементы пролётного строения автодорожного деревянного моста при усечённых схемах загрузки // Вестник ТГАСУ. 2005. №1. С. 205–213.
4. Российский В.А., Брусенцов П.А., Лукин Н.П. Расчёт деревянных автодорожных мостов. Киев: Вища школа, 1973. 211 с.
5. Катцын П.А., Сибир В.В. Проектирование и расчёт деревянных автодорожных мостов. Томск: Изд. Томского университета, 1989. 166 с.

Конкурс проектов — 2015

Если вы без устали трудились над цифровой моделью проекта, если вы оттачивали каждый поперечник, если вы любуетесь каждым чертежом, гордитесь полученным результатом и вам не стыдно показать ваше творение коллегам — это мероприятие для вас!

Почему это важно для вас?

- Название вашей организации будет опубликовано в журналах и в интернете. Другими словами — это один из инструментов создания качественного имиджа в глазах профессиональной общественности.
- Имена проектировщиков станут достоянием гласности. Общественность желает знать имена легендарных инженеров. Будущим поколениям нужно показать достойный пример.

К участию в конкурсе принимаются проекты, выполненные в САПР IndorCAD. Проект не должен ранее участвовать на конкурсах «ИндорСофт». Работа над проектом должна быть начата и завершена в период с 2013-го по 2015 годы.

Работы принимаются по электронной почте contest@indorsoft.ru. Файлы с проектом желательно упаковать архиватором, а в письме укажите:

- Наименование компании;
- Имена проектировщиков;
- Название проекта и его местоположение;
- Одним-двумя абзацами можно чуть подробнее рассказать о том, как создавался проект, с какими хитрыми сложностями пришлось столкнуться и, как удалось с ними справиться.

Работы принимаются до 20 декабря 2015 года.
Итоги подводятся до 20 января 2016 года.

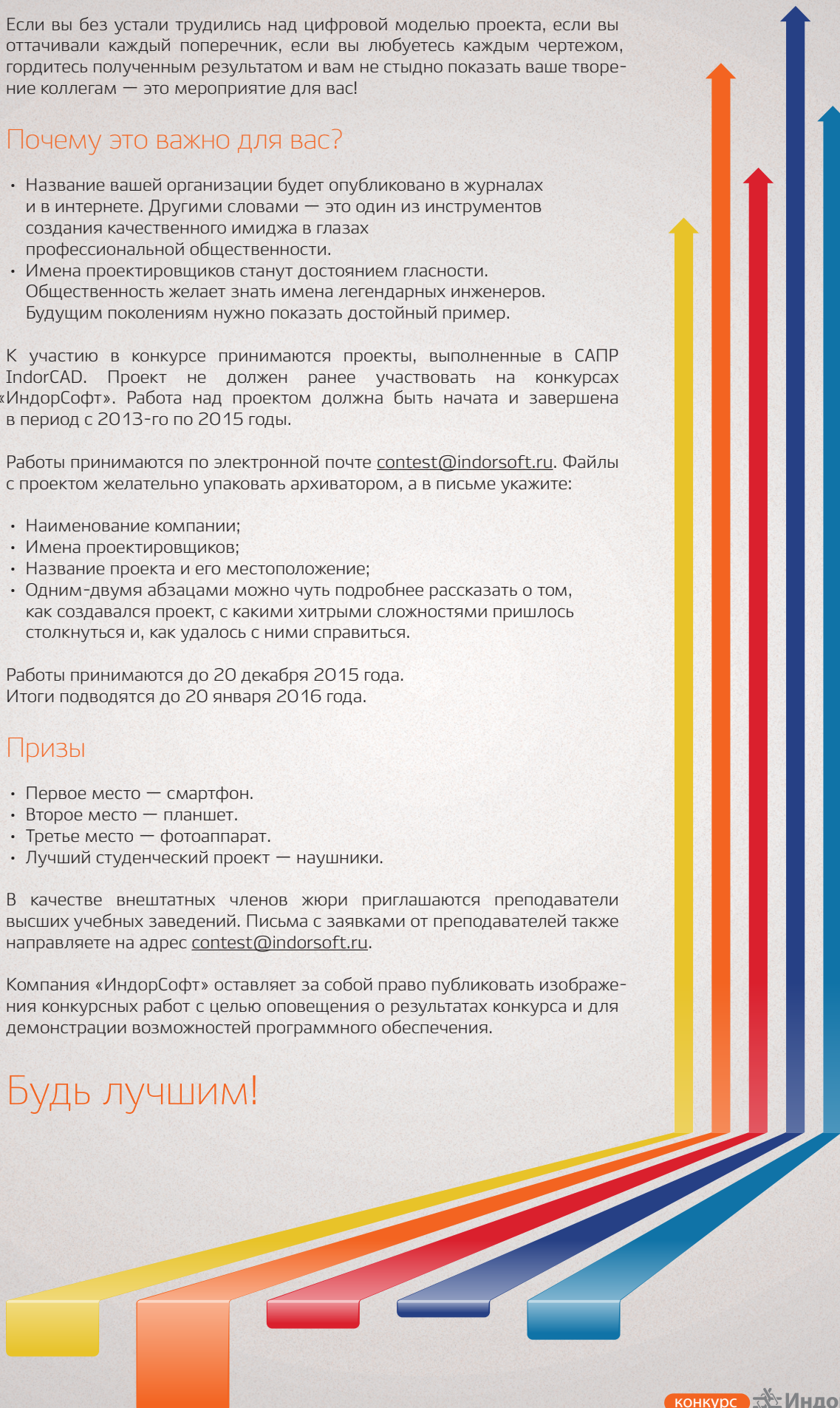
Призы

- Первое место — смартфон.
- Второе место — планшет.
- Третье место — фотоаппарат.
- Лучший студенческий проект — наушники.

В качестве внештатных членов жюри приглашаются преподаватели высших учебных заведений. Письма с заявками от преподавателей также направляете на адрес contest@indorsoft.ru.

Компания «ИндорСофт» оставляет за собой право публиковать изображения конкурсных работ с целью оповещения о результатах конкурса и для демонстрации возможностей программного обеспечения.

Будь лучшим!



Компьютеризированная система управления дорогами Архангельской области CARMAN (Computer Aided Road Management System)

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.9

Пономарёв Е.Г., начальник отдела АСУ и связи
ГКУ АО «Дорожное агентство «Архангельскавтодор»
(г. Архангельск)

Приводится история создания системы управления дорогами CARMAN: стоявшие перед разработчиками цели и требования, этапы и применяемые на каждом из этапов подходы к разработке и внедрению. Описывается используемая в системе модель дорожной адресации. Приводится описание программных модулей, входящих в состав системы, и обозначаются ближайшие планы развития системы.

Назначение и цели создания системы

Основной целью создания и внедрения информационной системы является рационализация процесса управления автомобильными дорогами, информационная поддержка принятия управленческих решений. Среди поставленных задач также разработка административных и организационных мер, в результате реализации которых гарантируется достоверность данных, а также устойчивый режим работы системы, в частности разработка всех необходимых регламентов, процедур мониторинга состояния дорожных объектов, ведение единых форматов и т.д.

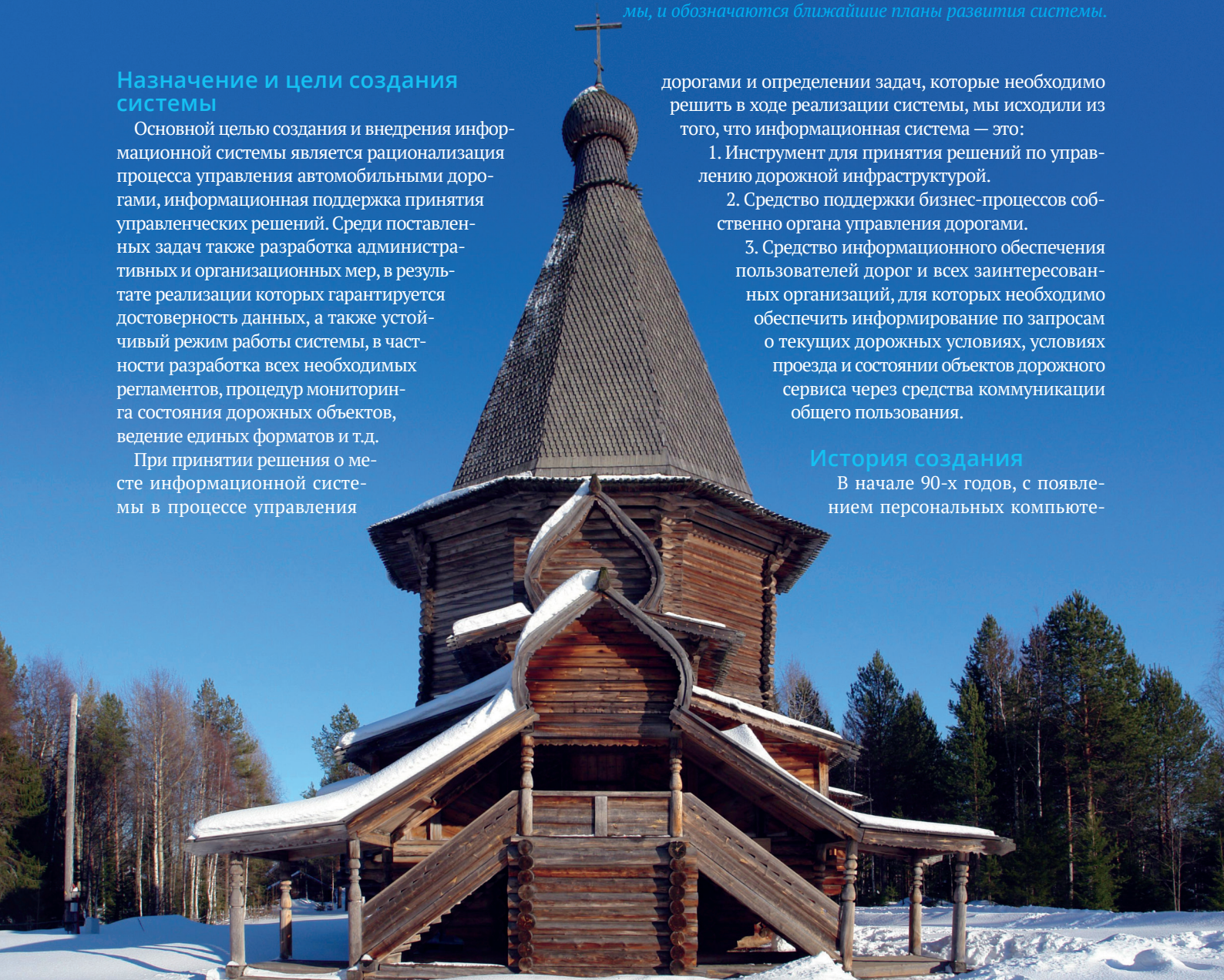
При принятии решения о месте информационной системы в процессе управления

дорогами и определении задач, которые необходимо решить в ходе реализации системы, мы исходили из того, что информационная система — это:

1. Инструмент для принятия решений по управлению дорожной инфраструктурой.
2. Средство поддержки бизнес-процессов собственнo органа управления дорогами.
3. Средство информационного обеспечения пользователей дорог и всех заинтересованных организаций, для которых необходимо обеспечить информирование по запросам о текущих дорожных условиях, условиях проезда и состоянии объектов дорожного сервиса через средства коммуникации общего пользования.

История создания

В начале 90-х годов, с появлением персональных компьюте-



ров, в управлении «Архангельск-автодор», как и во многих дорожных организациях России, началась автоматизация отдельных процессов и операций. Для учёта и анализа технической информации об автодорогах создавались и приобретались отдельные, никак не связанные между собой программные продукты, автоматизирующие выполнение отдельных операций (учёт искусственных сооружений, дорожных знаков и т.д.). В процессе эксплуатации этих программных разработок появилось осознание необходимости создания единой базы данных и разработки программных приложений, использующих информацию из этой базы. Это позволило бы избавиться от необходимости повторного ввода данных в разных программных приложениях и повышало бы оперативность обновления информации.

В середине 90-х годов представители наиболее передовых (в развитии информационных систем) регионов объединились, создав в рамках РАДОР «комиссию по информационному и аппаратно-программному обеспечению». В ходе работ этой комиссии была разработана «Концепция построения единой системы комплексного информационно-телекоммуникационного обеспечения в автодорожной отрасли», ставшая основой комплексной автоматизации управления дорожной сетью середины 90-х годов.

В 1995 году наиболее успешной стала разработанная воронежской компанией «Терра» комплексная автоматизированная система (КАС) для управления «Воронежупрдор». В нескольких регионах (в том числе в Архангельске) было принято решение о внедрении КАС. В 1997–2000-х годах в управлении «Архангельскавтодор» было установлено и внедрено несколько программных приложений КАС, автоматизирующих технический учёт автомобильных дорог (паспорт автомобильных дорог и др.). Было внесено большое количество данных о состоянии дорожной сети. Начиная с 1999 года вся информация, полученная в результате паспортизации дорог, вносилась в базу данных КАС.

Во время внедрения этих приложений были выявлены несоответствия текущим производственным процессам: за время внедрения в производственных и структурных процессах произошли изменения, которые требовали переработки созданных приложений системы. А так как моделирование предметной области системы перед её разработкой не производилось, переработка приложений оказалась затруднена. Это послужило толчком к осознанию необходимости изменения подходов к построению и использованию системы.

В ходе эксплуатации системы были выявлены следующие основные недостатки. Разработка этой системы велась на основе сбора и обобщения заявок от основных структурных подразде-

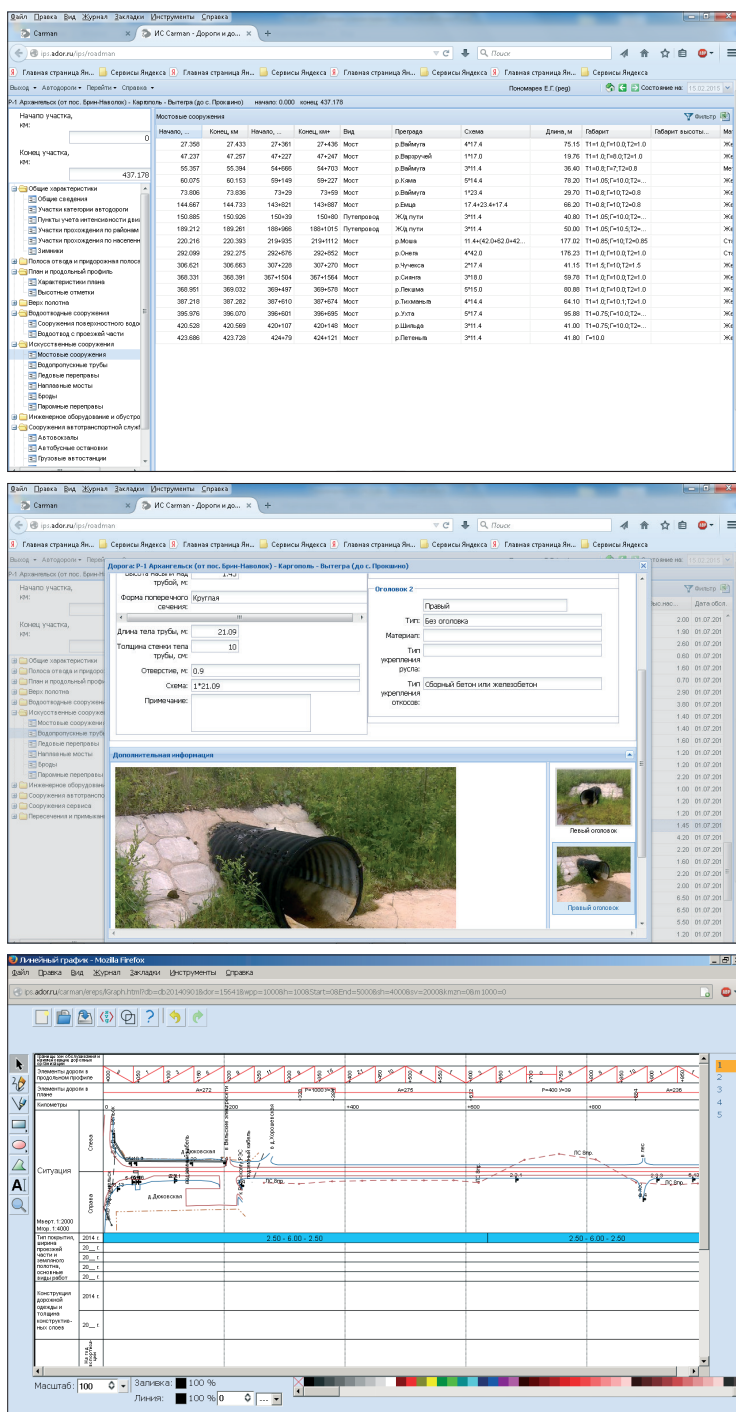


Рис. 1–3. Технический учёт и анализ автомобильных дорог и дорожных объектов

лений. Такой подход, как правило, учитывает исключительно текущие требования подразделений, а не стратегические цели организации и общества. То есть, по сути, автоматизировались текущие функции и процессы управления (или, как мы их будем называть в дальнейшем, бизнес-процессы) без их анализа и изменений (как есть). К сожалению, такой подход, по нашему сегодняшнему мнению, не является эффективным. Бизнес-процессы внутри организации чутко реагируют на изменяющиеся внешние и внутрен-

| № | от | до | От кого | Описание ист. | Темы донесения | Примечание | Оперативный дежурный |
|-----------------|------------|----|--------------------------|-----------------|--|------------|-------------------------|
| 02-20-002657... | 10.02.2015 | 15 | Каргопольский участок... | Панов Н.В. | Тек.погода/План исп.техники.Факт.работы а/д Каргополь - В... | | Мезенское ДУ(мезду) |
| 02-20-002647... | 10.02.2015 | 13 | Каргопольский участо... | Могутов А.П. | Факт.работы а/д Долматово - Нюндама - Каргополь - Пудок... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002639... | 10.02.2015 | 13 | ООО Лесные дороги | Востоков Н.И. | Тек.погода/План исп.техники/План работы а/д Архангельск - ... | | Мезенское ДУ(мезду) |
| 02-20-002629... | 10.02.2015 | 10 | Плесецкий участок О... | Могутов А.П. | План работы а/д Архангельск (от пос. Брин-Наволок) - Карг... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002611... | 10.02.2015 | 09 | Онежский участок ОА... | Могутов А.П. | План работы а/д Архангельск (от дер. Рыжаскино) - Онега, ун... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002609... | 10.02.2015 | 09 | ОАО Устьинское ДУ | Могутов А.П. | Тек.погода/План работы а/д Шангалы - Казань - Котлас... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002597... | 10.02.2015 | 09 | Каргопольский участо... | Могутов А.П. | Тек.погода/План работы а/д Архангельск (от пос. Брин-Наво... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002571... | 10.02.2015 | 08 | Плесецкий участок О... | | Тек.погода.Факт.исп.техники | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002561... | 10.02.2015 | 08 | Онежский участок ОА... | | Тек.погода/План исп.техники | | Онежский участо(ре... |
| 02-20-002558... | 10.02.2015 | 08 | ОАО Коношское ДУ | Могутов А.П. | План работы а/д Коноша - Нюндама, уч-к 0-69.План работ... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002551... | 10.02.2015 | 08 | ОАО Нюндамское ДУ | Могутов А.П. | Тек.погода/План работы а/д Долматово - Нюндама - Карго... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002544... | 10.02.2015 | 08 | Котласский участок К... | Погаренко | Тек.погода.Факт.исп.техники | | Котласское ДУ(котласду) |
| 02-20-002537... | 09.02.2015 | 16 | ООО Лесные дороги | Востоков Н.И. | Тек.погода/План исп.техники.Факт.работы а/д Архангельск - ... | | Мезенское ДУ(мезду) |
| 02-20-002525... | 09.02.2015 | 16 | ОАО Мезенское ДУ | Востоков Н.И. | Тек.погода/План исп.техники.Факт.работы а/д Каргополь - В... | | Мезенское ДУ(мезду) |
| 02-20-002511... | 09.02.2015 | 13 | Гидроцентр Арханг... | от 09.02.2015 | Прогноз по обл. терр. Архангельская обл. | | Мезенское ДУ(мезду) |
| 02-20-002509... | 09.02.2015 | 12 | ОАО Устьинское ДУ | Могутов А.П. | Тек.погода/План работы а/д Коноша - Вельск - Шангалы, ун... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002491... | 09.02.2015 | 12 | Каргопольский участо... | Могутов А.П. | Тек.погода | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002481... | 09.02.2015 | 11 | Каргопольский участо... | Могутов А.П. | План работы а/д Долматово - Нюндама - Каргополь - Пудок... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002471... | 09.02.2015 | 11 | ОАО Коношское ДУ | Могутов А.П. | Тек.погода/План работы а/д Коноша - Вельск - Шангалы, ун... | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002461... | 09.02.2015 | 09 | Плесецкий участок О... | | Тек.погода.Факт.исп.техники | | Плесецкое ДУ(плесду) |
| 02-20-002457... | 09.02.2015 | 08 | Онежский участок ОА... | | Тек.погода/План исп.техники | | Онежский участо(ре... |
| 02-20-002447... | 09.02.2015 | 08 | Нюндамский участок... | О.А. Берестовой | Тек.погода.Факт.исп.техники | | Нюндамское ДУ(нюндаду) |

Рис. 4. Оперативная информация от подрядчиков

ние факторы (законодательные, организационные, структурные и иные). Соответственно, программные модули, автоматизирующие эти процессы, требуют постоянной доработки. А так как технология, реализованная в КАС, осуществляет всю бизнес-логику на клиентских рабочих местах (компьютерах конечных специалистов), требуется обновление программного обеспечения на каждом рабочем месте при малейшем изменении в бизнес-процессах, что в масштабах организации достаточно ресурсоёмкий процесс. Кроме того, вносить изменения в программные приложения КАС может только фирма-разработчик, обладающая соответствующими правами и исходными кодами программ. Ещё одним выявленным недостатком этой системы является ограниченность круга пользователей, поскольку пользователем системы может быть только пользователь локальной вычислительной сети организации.

Параллельно с внедрением КАС в управлении «Архангельскавтодор» осуществлялось внедрение географической информационной системы (ГИС) [1, 2].

За основу была принята стандартная и наиболее распространённая в России настольная ГИС MapInfo. В 1999 году был заключён договор с Архангельским государственным техническим университетом на создание электронной карты Архангельской области. В ходе работ было сканировано 59 планшетов топографических карт масштаба 1:200000 (формат ли-

стов А1). Таким образом была покрыта вся территория Архангельской области (за исключением островов Новой Земли). Произведена векторизация необходимых объектов, создано 15 тематических слоёв.

В дальнейшем электронная карта использовалась в качестве исходных материалов для последующих разработок информационной системы.

Недостатки существовавшей ГИС:

- Невозможность построения топологической модели сети дорог, т.е. установки взаимосвязей между отдельными дорогами или участками дорог.
- Невозможность адресовать объекты по линейным ссылкам (привычным нам км +).

- Невозможность доступа к данным через интернет.
- Необходимость приобретения клиентской лицензии на каждое рабочее место.
- Сложности при интеграции MapInfo в существующие информационные системы (КАС).

В 2001–2003 годы в управлении «Архангельскавтодор» был реализован проект ТАСИС «Управление дорогами Северо-Запада России», финансируемый странами Евросоюза. Проект включал в себя один из подпроектов CARMAN (Computer Aided Road Management System – компьютеризированная система управления дорогами). К работе финской компанией Finroad были привлечены опытные эксперты из Скандинавских стран.

Был разработан Концептуальный план проекта компьютеризированной системы CARMAN, описанный в техническом отчёте № 10.

В ходе проекта CARMAN осуществлено предварительное изучение предметной области, и разработаны начальные спецификации работ, требующие дальнейшей детализации.

Были описаны текущие (существующие) и предполагаемые (будущие) бизнес-процессы «Архангельскавтодора», разработана концептуальная модель развития системы CARMAN, рассмотрена концепция разработки и развития системной архитектуры программных приложений, обслуживающих будущие бизнес-процессы. Для выполнения этих работ экспертами ТАСИС активно привлекались как местные специалисты — ра-

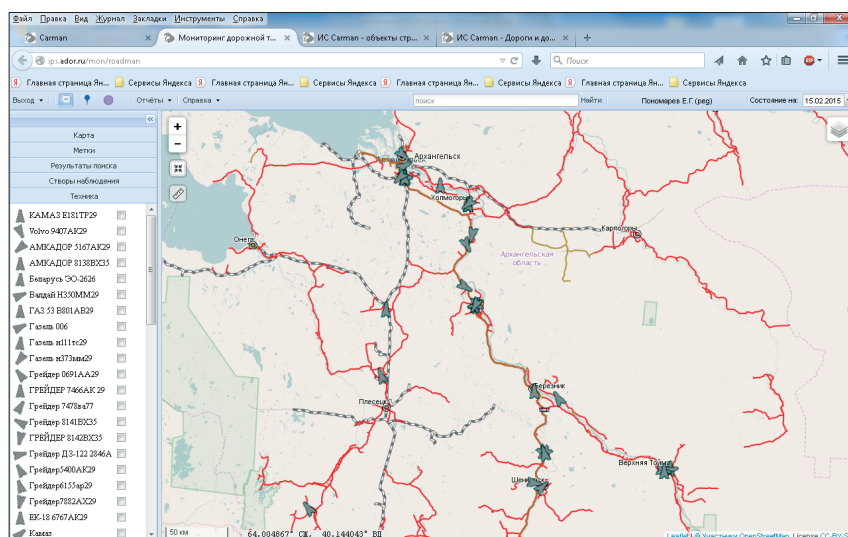


Рис. 5. Спутниковый мониторинг техники

Для привязки к осям адресации различных протяжённых характеристик объектов дорожной инфраструктуры в систему введены события. События не имеют геообъектов и отображаются на карте с помощью соответствующей легенды.

ботники управления «Архангельскавтодор», так и специалисты внешних организаций. Участие в этом проекте позволило получить навыки моделирования бизнес-процессов и постановки задач для их дальнейшей автоматизации. Кроме того, в рамках проекта ТАСИС была приобретена часть программно-аппаратных средств.

В соответствии с рекомендациями экспертов ТАСИС по окончании деятельности проекта ТАСИС управлением «Архангельскавтодор» была продолжена разработка автоматизированной системы CARMAN. Используя полученный опыт, на первом этапе был разработан эскизный проект ИС, по сути являющийся развёрнутым техническим заданием на разработку ИС в целом. Получив положительное заключение на эскизный проект от бывших коллег из ЕС, в 2004 году начались работы по реализации проекта.

Основные требования, предъявляемые при разработке системы

Первая группа требований представляет собой требования к аппаратно-программному комплексу и архитектуре системы. К данной группе можно отнести следующие требования:

- Система должна быть открытой и распределённой.
- Не должна производиться установка и настройка прикладного программного обеспечения на стороне клиента. Администрирование выполняется только в одном месте.
- Обновление программного обеспечения должно производиться однократно на сервере, а не на каждой рабочей станции.
- Система не должна быть требовательна к скорости линий связи между клиентом и сервером. Возможна нормальная работа для удалённых клиентов даже по коммутируемым линиям.
- Аппаратные требования для клиентской рабочей станции должны быть минимальны.
- В качестве клиента могут выступать любые портативные и мобильные устройства.
- Программное обеспечение не должно быть чувствительно к программной и аппаратной платформе.

Данные требования возникли по следующим причинам:

- Круг предполагаемых пользователей системы очень широк и в будущем может меняться.
- Пользователи системы — в основном, сотрудники органа управления автодорогами — как

правило, не являются квалифицированными специалистами в области информационных технологий.

■ Необходимость доступа к данным из любого места расположения клиента, в том числе, и непосредственно с дороги.

■ Необходимость сопряжения с системами мониторинга движения и сбора данных, т.е. возможности вводить данные в том месте, где они получены.

Для удовлетворения вышеперечисленным требованиям было принято решение принять трёхзвенную распределённую архитектуру системы (INTRANET).

Другим принципиальным требованием к ИС является адаптируемость к изменению информации об объектах и бизнес-процессах предметной области.

Это требование возникло по следующим основным причинам:

■ Возможны изменения не только в структуре объектов предметной области, но и в организационной структуре самой организации.

■ Непрерывное развитие объектов дорожной инфраструктуры на больших отрезках времени.

■ Высокая вероятность изменения бизнес-процессов.

■ Высокая вероятность возникновения потребности в новых экономических и других моделях и в постановке задач, требующих пересмотра отдельных подсистем ИС.

■ Предусмотренный и вынужденный пересмотр регламентов и технологий сбора отдельных данных как в результате внутренних потребностей управления, так и из-за появления новых приборов и инструментов.

■ Ответственность за достоверность данных, а также физическое расположение баз для определённых групп объектов дорожной инфраструктуры также может изменяться в течение жизненного цикла системы.

Поэтому ИС строится таким образом, чтобы легко адаптироваться к изменяющимся условиям, в которых приходится работать организации, управляющей дорогами.

Одним из важнейших требований к системе является требование к управлению данными.

В конце концов, качество информационной системы главным образом зависит от качества и достоверности данных, которые в ней хранятся. Поэтому необходимо уделять большое внимание к технологиям сбора данных. Вместе с тем на сегодняшний день в органах управления в том

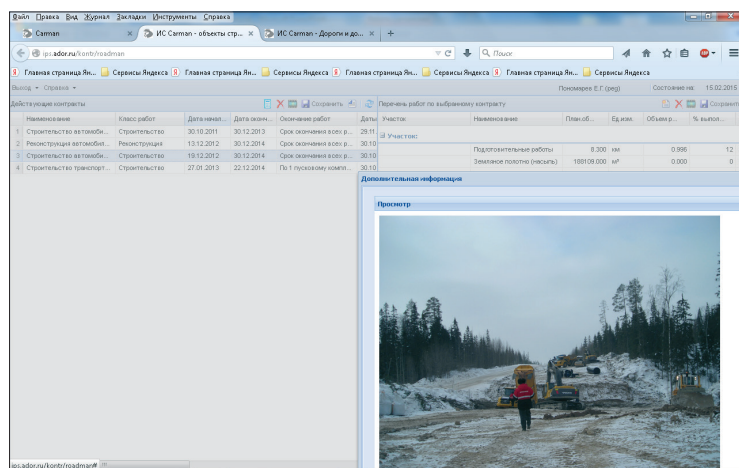


Рис. 6. Мониторинг контрактов по классам работ

или ином виде имеются данные о дорогах и дорожных объектах. По нашему мнению, в системе должна быть реализована возможность хранения любых данных, независимо от того, достоверны они или нет. Важно, чтобы система могла отличать данные, полученные в соответствии с принятыми технологиями сбора и которые им не соответствуют.

Мониторинг состояния объектов дорожной инфраструктуры, задачи учёта, а также моделирование требуют сохранения различной информации о прошлом. Для этого в системе предусмотрена возможность сохранять данные «истории» объектов.

Для получения стабильной базы дорожных данных, отражающей реальное состояние объектов инфраструктуры с заданной точностью, в определённые моменты времени принципиально необходимо соблюдать дисциплину сбора и ввода данных. Эта дисциплина закрепляется в соответствующих документах, называемых регламентами, которые должны иметь статус стандартов предприятия. Информация из этих документов закреплена в системе в виде соответствующих структур данных, тоже называемых регламентами. Данные считаются достоверными

только в том случае, когда они получены и введены в систему в соответствии с регламентом. В регламентах сохраняется и план, по которому производится сохранение данных «истории» объекта. В системе предусмотрен мониторинг информации регламентов. В результате такого мониторинга можно осуществить автоматический контроль актуальности данных и «истории», а также планировать сбор данных. При помощи этого механизма можно отслеживать отклонение состояния объекта от некоторого нормативного значения, которое описано в регламенте.

Система дорожной адресации

Система дорожной адресации служит для задания в текстовой форме положения дорожных объектов, а также различных характеристик и параметров дорог. В настоящее время дорожниками России, как правило, применяется дорожная адресация, которая задаёт пространственное положение объекта, определяемое в километрах от начала некоторой дороги (маршрута) [3]. Это так называемая линейная адресация, причём положение оси для задания линейного адреса обычно не определяется. Подразумевается некая воображаемая линия оси дороги. Эта простая система адресации, сложившаяся исторически, не позволяет однозначно определить положение объекта на дорогах со сложной топологией. Тем не менее эта система очень проста и привычна для дорожников-практиков, поэтому, с небольшими расширениями, она сохранена в качестве интерфейса к внутренней системе адресации. Внутреннее представление информации о положении объектов основано на применении географических координат. Для каждого дорожного объекта, для которого необходимо знать географическое положение и/или линейный адрес, должен существовать так называемый геообъект, положение которого и отображается на местности. Топологическая модель при таком подходе не является решающей при определении линейных адресов, а служит для поддержки некоторых приложений, связанных с решением транспортных задач. Линейный адрес объекта на определённой дороге является производной величиной и вычисляется геометрически через географические координаты геообъекта. Для того чтобы иметь возможность всегда вычислить линейный адрес по координатам, необходимо для каждой дороги назначить как минимум одну так называемую ось адресации.

Проекция характерных точек геообъектов на ось адресации некоторой дороги и дают линейные адреса объектов. Собственно линейный адрес имеет структуру представленную на рис.10.

Все изменения положения объектов, геометрии дороги и тому подобное производятся и сохраняются в географических координатах.

Для привязки к осям адресации различных протяжённых характеристик объектов дорожной

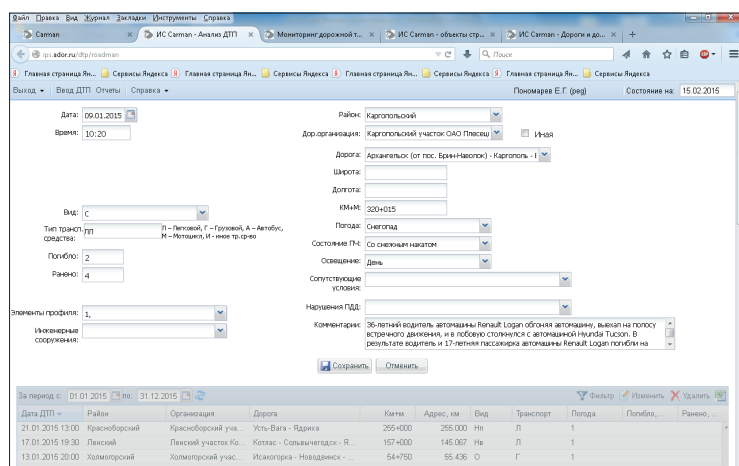


Рис. 7. Анализ дорожно-транспортных происшествий

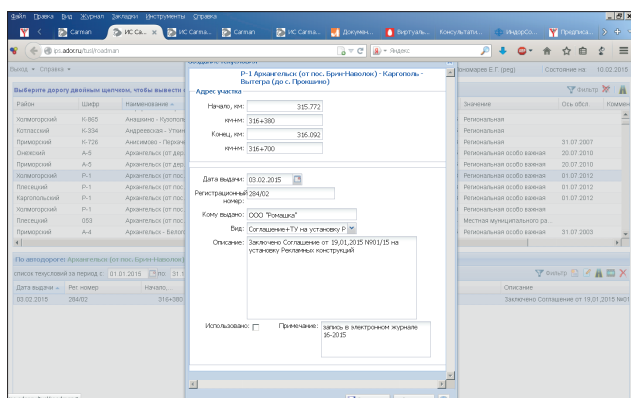


Рис. 8. Выдача технических условий

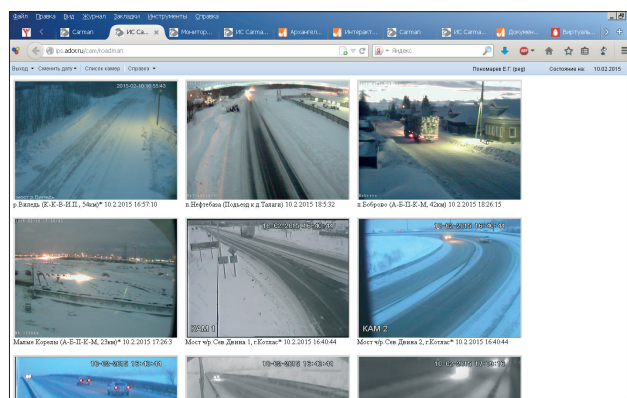


Рис. 9. Просмотр изображения с камер наблюдения

| | | | | |
|--------------------------|--|--------------------------------------|---|---|
| Дорога (обязательный) | Участок (необязательный), если нет, то «ПУСТО» | Адрес начала [км+] (обязательный) | Адрес конца [км+] (необязательный, если нет, то равен «Адрес начала» | Поперечное смещение [м+] [м-] (необязательный, если нет, то равен нулю |
|--------------------------|--|--------------------------------------|---|---|

Рис. 10. Структура линейного адреса

инфраструктуры в систему введены события. События не имеют геообъектов и отображаются на карте с помощью соответствующей легенды.

Пользователь имеет две группы интерфейсов к данным о положении объектов. Первая группа связана с графическим представлением на плане местности и отображением средствами ГИС, вторая — с вычислением линейных адресов в пределах дороги, отображаемым в виде текста. По умолчанию линейный адрес отображается относительно начала оси адресации, дополнительно в системе предусмотрено отображение линейного адреса относительно начала участка или относительно любого существующего объекта (километрового знака, моста, трубы и т.д.). Вариант отображения линейного адреса выбирается пользователем системы.

Такой интерфейс обеспечивает выдачу дорожных адресов в традиционном виде для хранимых в базе географических координат объектов, а также ввод уже имеющихся данных о положении объектов, полученных традиционным способом через линейные адреса. Данные о положении объектов, полученные при помощи GPS, вводятся непосредственно в базу пространственных данных. Таким образом, пользователь имеет полную свободу (исходя из практических требований к точности и т.п.) в выборе способа определения положения объектов при

паспортизации, а именно: в виде линейных адресов или в виде географических координат. Из всего вышесказанного следует, что для поддержки такого подхода необходима полная интеграция в систему базы пространственных данных, что и реализовано в системе на уровне ядра. Кроме однозначности линейных адресов, интеграция базы пространственных данных и средств доступа к ним в виде ГИС-интерфейса имеет целый ряд дополнительных преимуществ:

- наглядный, интуитивный интерфейс через карту;
- возможность использования типичных для ГИС дополнительных функций и возможностей (геометрические измерения, автоматическое построение топологии и т.д.);
- возможность получения наглядных отчетов и материалов для анализа с использованием карты;
- возможность отображения оперативных данных в реальном времени, непосредственно в тех местах на карте, к которым эти данные относятся;
- независимость от какого-либо конкретного ГИС-продукта.

Методы разработки

Общеизвестно, что при разработке информационных систем стоимость ошибок, допущенных на стадиях постановки задач и проектирования,

чрезвычайно высока. Это относится и к данному проекту, поэтому самое пристальное внимание было уделено постановке задач и проектированию в целом. В ходе разработки применяется обязательное создание документированных моделей для всех понятий, представлений и объектов предметной области и основных элементов программного обеспечения, которые согласовываются с заказчиком. Если в процессе реализации модели необходимо изменять ранее принятые и утвержденные решения, то обязательно эти изменения обосновываются и согласовываются. Это позволяет избежать грубых ошибок на стадии проектирования, а также обеспечить точную постановку частных задач. При проектировании и разработке используется метод объектно-ориентированного моделирования с использованием языка UML. В ходе реализации проекта для предметной области используются следующие модели (в терминах UML):

- диаграммы вариантов использования бизнес-процессов («как есть» и с использованием ИС);
- диаграммы деятельности бизнес-процессов;
- диаграммы вариантов использования приложений ИС, реализующих соответствующие группы бизнес-процессов;
- диаграммы деятельности по вариантам использования приложений ИС;

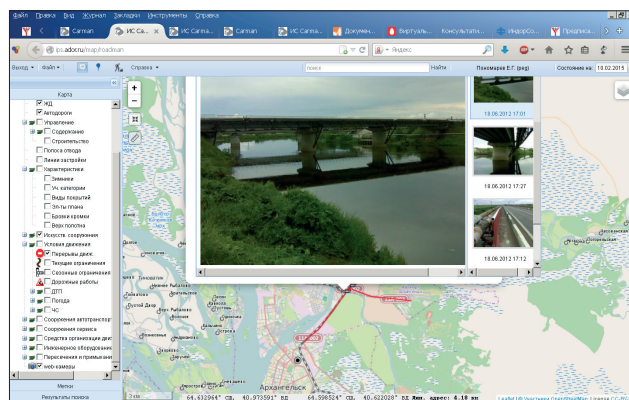
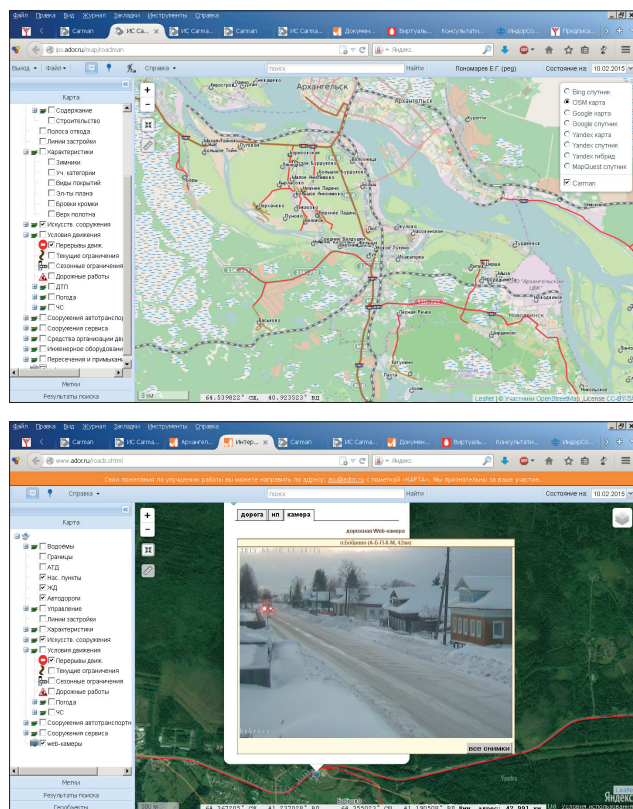


Рис. 11–13. Отображение информации на картографической основе основных интернет-сервисов

■ диаграммы классов для всех объектов и представлений предметной области;

■ диаграммы классов базы метаданных.

Разработанные приложения

1. Учёт и анализ автомобильных дорог и дорожных объектов, их состояния (технический учёт): паспортизация дорог, мостов, диагностика. (рис. 1–3) Получение различных табличных и графических отчётов (в том числе традиционные паспорта дорог, линейные графики).

Сбор данных производится с использованием системы видеопаспортизации, разработанной компанией «НПО Регион», г. Москва.

2. Оперативная информация. Информация от наших подрядчиков содержания о планируемых и выполненных работах, используемой технике, фактической погоде, чрезвычайных происшествиях, серьёзных ДТП, перерывах в движении, ограничениях на мостах и переправах и т.д. (рис. 4). Информация из гидрометеоцентра о прогнозируемой погоде. Оперативное информирование заинтересованных лиц о возникновении различных ситуаций (по e-mail, SMS).

3. Мониторинг техники. Спутниковый мониторинг техники, работающей на содержании дорог. Отслеживание передвижения техники наших подрядчиков (рис. 5).

4. Управление строительством. Мониторинг контрактов по классам работ: строительство, реконструкция, капитальный ремонт и ремонт. Периодические отчёты о состоянии дел на объекте (рис. 6).

5. Анализ ДТП. Информация о ДТП, подтверждённая органами полиции, определение мест концентрации ДТП. (рис. 7)

6. Выдача технических условий размещения объектов в придорожной полосе (рис. 8).

7. Просмотр изображения с камер наблюдения. На сети дорог установлено 23 камеры, которые с различной периодичностью передают фотоснимки на наш сервер (рис. 9).

8. Интерактивная карта (ГИС). Отображение информации из вышеперечисленных приложений на картографической основе основных интернет-сервисов (рис. 11–13). В настоящее время на карте возможно отображение 62 тематических слоёв, поэтому каждый пользователь имеет возможность настроить карту под свои задачи. Для пользователей автомобильных дорог на нашем сайте www.ador.ru сделана

усечённая по количеству слоёв карта, доступ к которой открыт для всех посетителей сайта.

Заключение

В ближайших планах по развитию системы можно выделить решение следующих важных задач:

1. Управление содержанием автодорог находится в стадии разработки, в 2015 году планируется реализовать полный жизненный цикл от подготовки лотов и заключения контрактов до реализации контроля за качеством выполнения работ и их приёмки.

2. Предписания. Приложение позволит выдавать предписания на выполнение работ и контролировать их исполнение всеми пользователями системы.

3. Мобильные версии. В 2015 году мы планируем разработать мобильные версии основных приложений системы. ■

Литература:

1. Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. VI. / А.В. Сковрцов [и др.]. М.: Информавтодор, 2006. 372 с.
2. Сковрцов А.В. Геоинформатика: Учебное пособие. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. 336 с.
3. Сковрцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. №1(1). С. 47–54.

Проблема обеспечения единого координатного пространства для объектов дорожной отрасли

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.10

Гулин В.Н., директор по технологиям ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Миронов С.А., старший научный сотрудник ФГБУ «Центр геодезии, картографии и ИПД» (г. Москва)

Неретин А.А., к.т.н., доцент кафедры геодезии и геоинформатики МАДИ (г. Москва)

Рассматривается задача формирования единого координатного пространства для объектов Государственной компании «Российские автомобильные дороги». Предлагается создать ведомственную опорную геодезическую сеть (ВОГС), состоящей из 1) каркасной сети пунктов, предназначенной для привязки ВОГС к государственным системам координат и высот, и 2) сети рабочих реперов, предназначенной для сгущения пунктов каркасной сети в непосредственной близости от объектов дорожной отрасли. Рассматривается процесс создания ВОГС в виде четырёх этапов. Предлагаемое решение позволит: 1) применять ВОГС во всех видах дорожной деятельности; 2) сократить затраты на инженерные изыскания; 3) обеспечить совместимости данных, полученных в разных системах координат; 4) обеспечить возможности выполнения работ в различных системах координат (СК-42, СК-95, ГСК-2011, МСК регионов, локальных и т.п.); 5) обеспечить возможность целостного координатного описания информационных моделей объектов.

Государственные системы координат: текущее состояние дел

Задача обеспечения единого координатного пространства всегда являлась приоритетной для ведомств, ответственных за деятельность в области геодезии и картографии в масштабах государства. В советское время (с 1919 года) таким ведомством было Высшее геодезическое управление (ВГУ), в 1967 году преобразованное в Главное управление геодезии и картографии (ГУГК), а в 1992 году вновь преобразованное в Федеральную службу геодезии и картографии (Роскартография). С марта 2009 года функции Роскартографии переданы Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр).

Действительно, вся территория страны покрыта достаточно плотной сетью пунктов государственной геодезической сети (ГГС), обеспечивающих реализацию государственных плановых систем координат СК-42, СК-63, СК-95. Кроме того, имеется большое количество пунктов государственной нивелирной сети, обеспечивающих реализацию Балтийской системы высот 1977 года. Почему же вопрос обеспечения единого координатного пространства возникает вновь и вновь? Давайте разберёмся.

Во-первых, задача создания единой государственной системы координат всегда решалась инструментальными метода-



ми, доступными на определённый момент времени. Геодезические и нивелирные сети страны создавались и развивались с применением традиционных линейно-угловых измерений, геометрического нивелирования и т.п. Всем этим методам измерений присущи определённые ошибки, которые имеют свойство накапливаться при передаче координат на большие расстояния. Но это ещё не всё.

Во-вторых, территория страны огромна, причём она вытянута в направлении восток — запад. Чем же это плохо? С точки зрения государства и его жителей это совсем даже не плохо — большая страна с огромными ресурсами. А вот с точки зрения геодезии это создаёт определённые сложности.

...плотность имеющихся пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1 недостаточна для высокоточной реализации системы ГСК-2011 в масштабах всей страны...

Дело в том, что поверхность Земли имеет сложную геометрическую форму, которую каким-то образом нужно преобразовать к математически правильной (описываемой строгими математическими формулами) поверхности относимости. В глобальном масштабе такой поверхностью является эллипсоид вращения, на котором основаны общеземные (геоцентрические) системы координат. Но для повседневной хозяйственной деятельности гораздо удобнее использовать плоские системы координат, привязанные не к абстрактной поверхности эллипсоида, а к реальной поверхности Земли, аппроксимируемой плоскостью. Для этого нужно каким-то образом «развернуть» (или трансформировать) реальную поверхность территории страны на плоскость, а это неминуемо сопряжено с определёнными искажениями геометрической формы объектов.

Все перечисленные ранее государственные системы координат (СК-42, СК-63, СК-95) являются плоскими. В качестве картографической проекции применяется проекция Гаусса-Крюгера, которая использует шестиградусные зоны, ориентированные с севера на юг. Другими словами, в плоскость разворачиваются участки поверхности эллипсоида, заключённые между двумя соседними меридианами, расположенными с интервалом 6 градусов. Линейные искажения в каждой зоне минимальны вдоль осевого меридиана, а вот чем ближе к краям зоны, тем больше искажения. А территория страны ориентирована как раз в направлении восток — запад, следовательно, таких переходов от зоны к зоне с максимальными искажениями у нас тоже много. Как уже отмечалось, на момент создания государственной системы координат СК-42 и её поэтапного развития в распоряжении геодезистов не было средств измерений, позволяющих

с высокой точностью передавать координаты на большие расстояния. Даже в результате выполненного уравнивания достигнутая точность взаимного положения пунктов ГТС на сегодняшний день может удовлетворять лишь некоторым приложениям. В частности, в [1] приводятся следующие показатели точности взаимного положения смежных пунктов ГТС:

■ СК-42, СК-63 и МСК на основе СК-42 — 0,35 м между смежными пунктами триангуляции 1–2 классов;

■ СК-95 и МСК на основе СК-95 — 0,1 м между смежными пунктами триангуляции 1–2 классов.

Не лучше обстоят дела и с пунктами государственной нивелирной сети (ГНС). Государственная нивелирная сеть в отсутствие регулярной гравиметрии достаточной плотности и частоты повторения характеризуется точностью определения нормальных высот квазигеоида 0,3 м [1].

С развитием спутниковых технологий геодезических измерений, в частности, геодезическим применением приёмной аппаратуры системы ГЛОНАСС, существующее положение дел с государственными системами координат и созданными на их основе местными системами координат регионов (МСК-NN) признаётся неудовлетворительным даже ведущими специалистами геодезической отрасли [2]:

«Система координат СК-42 в силу поэтапности её развития и технологии уравнивания результатов измерений с позиции современных требований имеет низкую точность, а погрешности координат пунктов ГТС, её реализующей, имеют неоднородное распределение на территории России. Даже в пределах одного административного района погрешности координат пунктов могут колебаться в пределах нескольких метров. Эти характеристики СК-42 и образованных на её основе СК-63 и МСК-NN не позволяют эффективно использовать ГЛОНАСС в системе геодезического обеспечения.»

Нельзя сказать, что государством ничего не делается для решения первоочередной задачи отрасли геодезии и картографии — создания единого координатного пространства на всей территории страны, удовлетворяющего современным требованиям к точности геодезического обеспечения хозяйственной деятельности. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 28 декабря 2012 г. № 1463 «О единых государственных системах координат» на территории РФ для выполнения геодезических и картографических работ вводится единая государственная геоцентрическая система координат ГСК-2011. В соответствии с этим постановлением действующие государственные системы координат СК-42 и СК-95 будут продолжать использоваться до 1 января 2017 года в части материалов, созданных на их основе. Физическую реализацию системы ГСК-2011 на поверхности земли обеспечивают пункты

фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), высокоточной геодезической сети (ВГС) и спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1). Однако говорить о полной готовности системы ГСК-2011 к повсеместному использованию пока не приходится. Дело в том, что плотность имеющихся пунктов ФАГС, ВГС и СГС-1 недостаточна для высокоточной реализации системы ГСК-2011 в масштабах всей страны, в процессе решения находится задача пересчёта координат различных типов объектов в ГСК-2011, до конца не решены вопросы учёта влияния геодинамических процессов на точность взаимного положения пунктов, закрепляющих систему ГСК-2011 на местности и т.д. Но важен тот факт, что, несмотря на существующие проблемы и ограничения, ГСК-2011 может уже сегодня официально использоваться для выполнения геодезических и картографических работ в Российской Федерации.

Координатное обеспечение дорожной отрасли: текущее состояние дел

Вопрос координатного обеспечения встаёт практически на каждом этапе жизненного цикла объекта дорожной отрасли — в процессе инженерных изысканий под проектирование, собственно проектирования, строительства, последующей эксплуатации, ремонта или реконструкции и т.д. Использование государственной системы координат СК-42 или МСК региона не вызывает особых проблем до тех пор, пока речь идёт об объектах сравнительно небольшой протяжённости — до нескольких десятков километров. Действительно, хотя дороги и являются линейно-протяжёнными объектами, но они проектируются, строятся и эксплуатируются не как единое целое, а как совокупность участков, каждый из которых может быть без особых искажений представлен плоскими системами координат, каковыми являются СК-42, СК-95 или МСК региона. Проблемы начинают возникать, например, в том случае, если предпринимаются попытки привязки на местности проектов участков дорог протяжённостью в несколько сотен километров, когда проекция реальной поверхности Земли на плоскость приводит к серьёзным иска-

жениям действительности. Причём если объект ориентирован строго в направлении север — юг, то особых проблем, может, и удастся избежать благодаря тому, что линейные искажения картографической проекции Гаусса-Крюгера вдоль осевого меридиана в этом направлении минимальны (о чём уже говорилось выше). Если же объект ориентирован в направлении восток — запад, линейные искажения (нестыковки) на краях зон картографической проекции будут максимальны и могут достигать нескольких метров.

Ещё один аспект существующего положения дел с координатным обеспечением — закрепление пунктов планово-высотного обоснования (ПВО) на местности. Этот процесс повторяется несколько раз на протяжении жизненного цикла объекта. В процессе изысканий под проектирование определяются пункты съёмочного обоснования, которые привязываются к пунктам ГГС. После выполнения проектирования подрядная организация заново создаёт сеть пунктов ПВО на участке работ. По окончании строительства эти пункты, как правило, утрачиваются. В процессе эксплуатации объекта опять встаёт задача создания пунктов ПВО для обеспечения съёмочных работ, например, в целях проектирования ремонта участка дороги. И это может быть ещё не конец истории многократного повторения работ, которые уже выполнялись на этом участке, может, даже неоднократно. Не нужно объяснять, что всё это затраты, которых можно избежать при несколько ином подходе к организации работ.

Единое координатное пространство объектов дорожной отрасли: зачем это нужно

Технологии не стоят на месте. Появляются новые средства измерений, например системы мобильного лазерного сканирования, которые позволяют перейти на совершенно новый уровень сбора детальной и высокоточной пространственной информации об объекте съёмки. Совершенствуются технологии высокоточных измерений с использованием приёмной аппаратуры сигналов спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС/GPS и т.п.). Всё более ши-

рокое применение в нашей стране находят системы автоматизированного управления дорожно-строительными машинами (САУ ДСМ). Все эти технологии открывают новые возможности для выполнения работ. В частности, они позволяют без потери точности иметь дело с объектами большого размера и большой протяжённости, а это накладывает определённые требования к наличию соответствующего опорного геодезического обоснования.

Особого внимания заслуживают стремительно развивающиеся информационные технологии, уже который год определяющие вектор развития многих направлений человеческой деятельности. На сегодняшний день, пожалуй, сложно найти специалиста в области САПР и ГИС, который не слышал что-либо о BIM-технологиях — информационном моделировании объекта на всех этапах его жизненного цикла [3-6]. Дорожная отрасль имеет дело с объектами протяжённой формы, порой слишком протяжённой... Если стоит задача создания, а главное — последующей эволюции информационной модели такого объекта, потребуется обеспечить единое координатное пространство на всём протяжении объекта. Что же это означает? Это означает, что необходимо обеспечить преемственность перехода на локальных участках в различные системы координат и обратно без потери целостности координатного описания объекта. Действительно, объект проектируется и строится частями, в разных системах координат, но это не должно быть препятствием для формирования его целостной информационной модели.

С проблемой обеспечения единого координатного пространства уже столкнулись наши коллеги в РЖД, особенно при проектировании, строительстве и эксплуатации участков высокоскоростного движения электропоездов, где предъявляются особые требования к точности монтажа рельсовых путей и поддержания их в рабочем состоянии. Более того, в РЖД активно внедряются технологии высокоточного мониторинга текущего положения подвижного состава с использованием приёмной аппаратуры системы ГЛОНАСС, применяются системы мобильного лазерного сканирования для моделирования текущего состояния



Рис. 1. Вариант расположения пунктов каркаса ВОГС ГК «Автодор»

рельсовых путей и придорожной инфраструктуры и т.п. В этом случае обойтись существующей сетью пунктов ГГС просто не представляется возможным. Решением стало создание и официальное оформление ведомственной высокоточной координатной системы (ВКС) [7]. В состав ВКС входят: сеть наземных спутниковых базовых станций дифференциальной коррекции спутниковых измерений, опорные геодезические сети, аппаратно-программные средства сбора, обработки и передачи информации. Многие из опыта наших коллег может быть взято на вооружение и в дорожной отрасли, хотя речь о полном копировании не идёт, поскольку спектр решаемых задач в одном и другом случае различается, и порой существенно.

До сих пор речь в данной статье шла о дорожной отрасли в целом. Действительно, озвученная проблематика актуальна для всей дорожной отрасли, и не только для неё одной. Однако далее мы постараемся предложить решение существующей проблемы на конкретном примере, и в качестве такого примера мы рассмотрим зону ответственности Государственной компании «Автодор». Важно понимать, что если удастся получить эффективное решение на определённой территории, его впоследствии можно успешно тиражировать в масштабах всей дорожной отрасли страны.

Государственная компания «Автодор» по праву является инновационным лидером дорожной отрасли, стараясь внедрять в производство наиболее передовые технологии. Применительно к теме данной статьи можно в качестве примера

упомянуть о нескольких фактах. Так, в декабре 2012 года в ГК «Автодор» была запущена в промышленную эксплуатацию ГИС М-4 «Дон». Для инженерных изысканий под проектирование используются самые передовые технологии сбора пространственных данных — системы мобильного лазерного сканирования. В настоящее время по заказу ГК «Автодор» выполняются научно-исследовательские работы, касающиеся разработки рекомендаций по применению инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог. В связи с этим задача формирования единого координатного пространства на территории объектов госкомпании становится всё более актуальной. К этим объектам в настоящее время относятся автомагистрали: М-1 «Беларусь», М-3 «Украина», М-4 «Дон», М-11 Москва — Санкт-Петербург, ЦКАД МО (Центральная кольцевая автомобильная дорога Московской области).

Как уже было отмечено ранее, задачу обеспечения единого координатного пространства в масштабах территории объектов ГК «Автодор» с помощью существующих пунктов ГГС, определённых в системах СК-42, СК-95 или МСК регионов, решить на соответствующем уровне точности не представляется возможным, а имеющаяся на сегодня инфраструктура практической реализации государственной геоцентрической системы координат ГСК-2011 пока сделать этого не позволяет. Ниже предлагается видение авторов данной статьи по решению этой проблемы. Формат отдельной статьи не позволяет авторам привести подробное обоснование каждого аспекта предлагаемого решения с необходимой степенью детальности, однако дополнительные аргументы и материалы, лежащие в основе предлагаемых мероприятий, будут представлены в последующих публикациях в рамках обозначенной темы.

Формирование единого координатного пространства для объектов ГК «Автодор»: предлагаемое решение

Задачу формирования единого координатного пространства для объектов ГК «Автодор» предлагается решать путём создания ведомственной опорной геодезической сети (далее ВОГС), состоящей из следующих элементов:

- Каркасной сети пунктов, предназначенной для привязки ВОГС к государственным системам координат и высот.
- Сети рабочих реперов, предназначенной для сгущения пунктов каркасной сети в непосредственной близости от объектов дорожной отрасли.

Процесс создания ВОГС предусматривает несколько этапов выполнения работ, как описано ниже:

1 этап. Закладка пунктов каркасной сети и рабочих реперов.

2 этап. Привязка пунктов каркасной сети к системам координат и высот.

3 этап. Привязка сети рабочих реперов к пунктам каркасной сети.

4 этап. Постановка ВОГС на государственный учёт в качестве ведомственной сети сгущения ГГС и ГНС.

1 этап. Закладка пунктов

На этом этапе закладываются пункты каркасной сети и рабочие реперы. Нарращивание ВОГС можно осуществлять постепенно, в зависимости от стоящих задач и доступного финансирования.

Каркасная сеть состоит из пунктов с взаимными расстояниями друг относительно друга порядка 200–300 км. Они предназначены для выполнения серии спутниковых наблюдений с целью привязки данных пунктов к общемировой и государственной системе координат и для дальнейшей передачи системы координат ВОГС на рабочие реперы сети. По завершении этих измерений пункты каркасной сети не планируются использовать в качестве постоянно действующих базовых станции дифференциальной коррекции спутниковых измерений, поскольку авторы не находят в этом обоснованной необходимости для текущей деятельности ГК «Автодор». Тем не менее эти пункты могут быть легко модернизированы для выполнения функций постоянно действующих базовых станций в случае выявления такой целесообразности.

Пункты каркасной сети располагаются на крышах фундаментальных зданий с хорошим обзором неба. На крыше здания закладывается специальная марка, определяющая центр пункта каркасной сети. Должна быть обеспечена возможность принудительной установки спутниковой антенны в одно и то же положение относительно закреплённой марки пункта каркасной сети. Для закладки таких пунктов предпочтительно использование ведомственных зданий организаций дорожной отрасли (филиалы ГК «Автодор», ДЭП и т.п.). Пример геометрии расположения пунктов каркасной сети для объектов ГК «Автодор» представлен на рисунке 1.

Сеть рабочих реперов является сетью сгущения пунктов каркасной сети. Рабочие реперы используются в качестве опорных пунктов для выполнения инженерных изысканий, для создания плано-высотного обоснования конкретных участков строительных работ, а также для геодезической привязки любых видов работ в процессе строительства, эксплуатации, ремонта и реконструкции объекта дорожной отрасли.

Реперы предлагается закладывать в полосе отвода дорог попарно для формирования опорного базиса, расстояния между реперами в паре не должно превышать 800 м при условии соблюдения прямой видимости между реперами.

Расстояния между базами (парами реперов) не должно превышать 30 км. Наличие таких пар рабочих реперов позволит эффективно использовать для работ оптико-электронные приборы (электронные тахеометры, нивелиры), а также обеспечит дополнительный контроль точности выполненных построений ВОГС.

2 этап. Привязка пунктов каркаса к системам координат и высот

Для последующего официального использования пунктов ВОГС их необходимо привязать к государственным системам геодезических координат и высот. Под государственной системой координат подразумевается ГСК-2011, которая является единой государственной геодезической системой координат для осуществления геодезических и картографических работ. Однако с практической реализацией системы ГСК-2011 пока имеются определённые проблемы. Другими словами, процессу внедрения ГСК-2011 в повседневную практику ещё предстоит преодолеть некоторые этапы своего развития.

В связи с этим видится целесообразным, помимо ГСК-2011, также привязать пункты каркаса ВОГС к международной общеземной системе координат ITRF (International Terrestrial Reference Frame). Как отмечается в [2], по уровню точности и принципам ориентации в теле Земли система

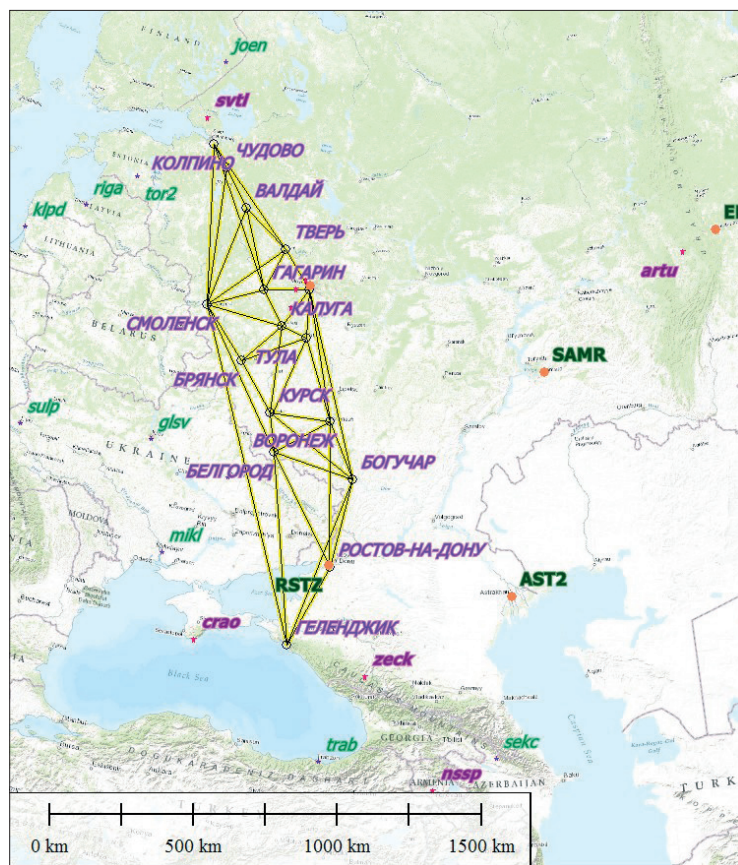


Рис. 2. Каркас сети ВОГС после независимого уравнивания.

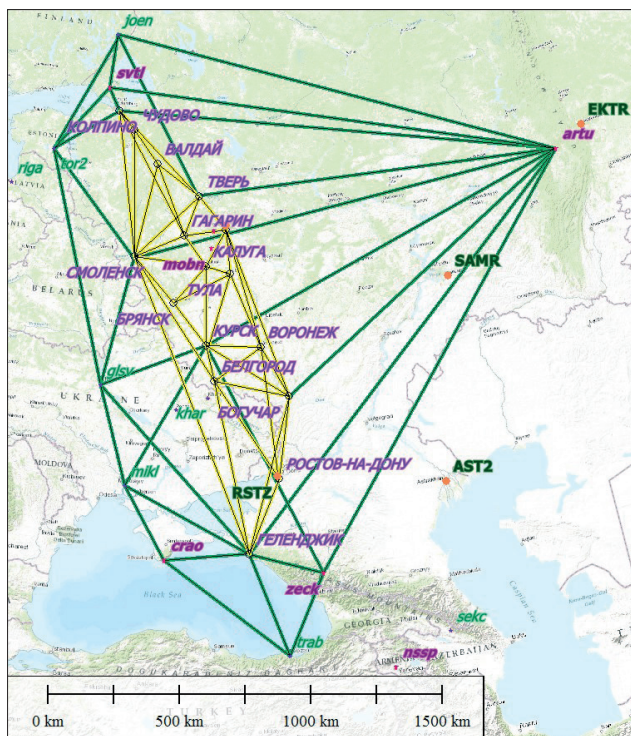


Рис. 3. Привязка каркаса ВОГС к пунктам IGS

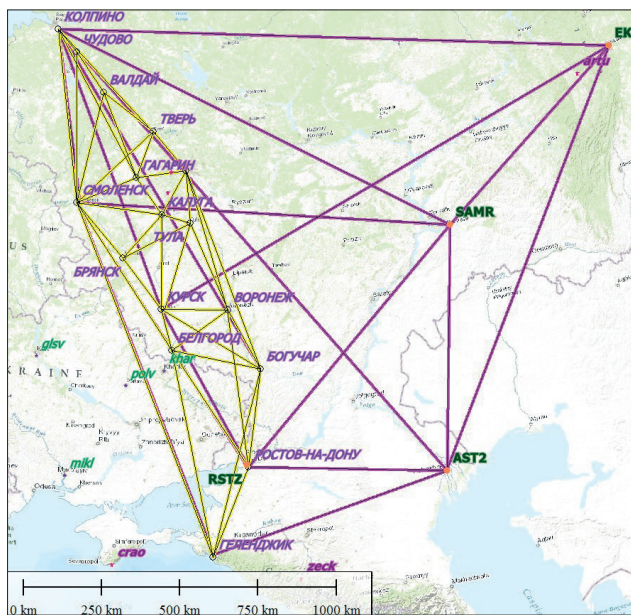


Рис. 4. Привязка каркаса ВОГС к пунктам FAGS

координат ГСК-2011 соответствует международной системе координат ITRF. Различия между ними состоят только в составе геодезических пунктов, реализующих данные системы координат, и скоростях изменения положения этих пунктов вследствие геодезических процессов. Система координат ITRF реализована на земной поверхности многочисленными пунктами IGS (International GNSS Service), 17 из которых расположены на территории нашей страны (включая один пункт в Крыму).

На сегодняшний день система ITRF представляет собой наиболее точную реализацию общеземных систем координат — точность взаимного положения пунктов в системе ITRF достигает 1–3 мм! Ещё очень важный момент — спутниковое оборудование на всех пунктах IGS работает в круглосуточном режиме, а файлы измерений находятся в свободном доступе через сеть Интернет. Идея использования международной системы координат ITRF для геодезического обеспечения территорий РФ не нова, например, можно обратиться к документу [8].

Имеется несколько эпох реализации системы ITRF, наиболее новой является эпоха 2008 года (ITRF2008), к которой и предлагается осуществить привязку ВОГС ГК «Автодор». Важно отметить, что привязка к ITRF2008 осуществляется параллельно с привязкой к ГСК-2011 и не требует каких-либо особых дополнительных мероприятий, помимо специальной процедуры обработки данных. Однако такая установленная связь позволит обеспечить максимально возможный уровень точности собственной системы координат ВОГС ГК «Автодор» и гарантировать формирование единого координатного пространства объектов ГК «Автодор» независимо от степени реализации государственной системы координат ГСК-2011.

Помимо систем координат ITRF2008 и ГСК-2011, также потребуется привязка ВОГС к Балтийской системе высот 1977 года (Б77). Система Б77 является системой нормальных высот. Нормальные высоты на равнинных территориях РФ с превышениями над уровнем моря до 1500 м отличаются от ортометрических высот в пределах первых миллиметров. В процессе спутниковых измерений непосредственно измеряются эллипсоидальные высоты. Следует отметить, что эллипсоидальные высоты пунктов международной геодезической сети IGS определены с высочайшей абсолютной точностью в пределах 1 мм. Связь эллипсоидальной и ортометрической высот выражается простой формулой:

$$H = h - N,$$

где

H — ортометрическая высота;

h — эллипсоидальная высота (определяется из спутниковых измерений);

N — высота геоида над эллипсоидом (вычисляется путём интерполяции модели геоида).

Мировая модель геоида EGM 2008 опубликована для открытого доступа в виде регулярной матрицы с шагом 2 угловых минут. Таким образом, значения ортометрических высот на пунктах каркаса и рабочих реперах ВОГС можно напрямую получить из обработки спутниковых измерений при условии использования модели геоида EGM 2008. Более подробно специфику высотных определений с использованием

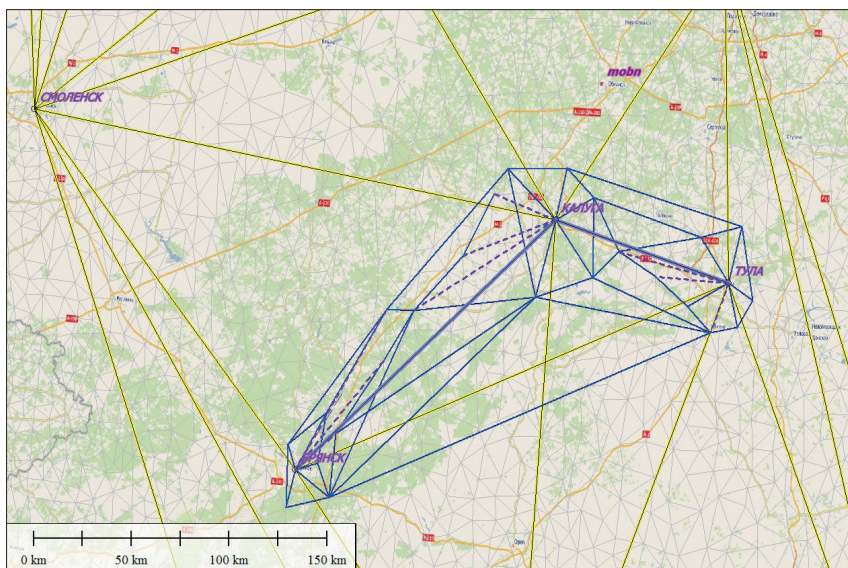


Рис. 5. Пример проекта привязки соседних пунктов каркаса к пунктам ГГС и ГНС

ем спутниковых методов измерений планируется осветить в отдельной публикации.

В целом в рамках второго этапа предлагается выполнить сеансы непрерывных наблюдений спутниковым оборудованием на пунктах каркасной сети ВОГС ГК «Автодор» продолжительностью не менее 5 суток.

В каждом таком сеансе непрерывных измерений должно участвовать не менее 4 пунктов каркаса ВОГС. Эти измерения будут использоваться для совместной обработки с файлами измерений, полученными с пунктов ФАГС (для привязки к ГСК-2011) и с пунктов IGS (для привязки к ITRF2008), а также с пунктов ГГС и ГНС, где необходимо организовать измерения параллельно с пунктами каркаса ВОГС, как описано ниже.

Каждый пункт каркаса ВОГС привязывается:

- к трём или более пунктам IGS пятисуточной серией наблюдений;
- к трём или более пунктам ФАГС пятисуточной серией наблюдений;
- к пяти пунктам ГГС, для чего на этих пунктах ГГС необходимо выполнить трёхчасовые сеансы спутниковых измерений в рамках пятисуточного интервала непрерывных измерений на соответствующем пункте каркаса ВОГС;
- к трём реперам ГНС, для чего на этих пунктах ГНС необходимо выполнить шестичасовые сеансы спутниковых измерений в рамках пятисуточного интервала непрерывных измерений

на соответствующем пункте каркаса ВОГС.

Обработка данных будет выполняться в несколько этапов. На первом этапе будет выполнено уравнивание каркасной сети ВОГС без привязки к внешним исходным пунктам для достижения максимальной точности каркаса. Особо следует обратить внимание на тот факт, что в случае применения технологий спутниковых измерений фактор «оптимальной геометрии» сети с точки зрения взаимного расположения определяемых и исходных пунктов не имеет такого значения, как в случае наземных измерений традиционными геодезическими методами [9].

На рисунке 2 показан пример конфигурации каркасной сети ВОГС после выполнения такого уравнивания при условии одновременных измерений на всех пунктах каркасной сети, однако это не обязательно — сеть можно наращивать поэтапно.

Следующим этапом будет привязка каркаса ВОГС к пунктам IGS, как показано на рисунке 3.

На выходе этого этапа будет обеспечена высокоточная привязка каркаса ВОГС к системе координат ITRF2008, а также к системе ортометрических высот на основе мировой модели геоида EGM 2008.

Для перехода в систему координат ГСК-2011 каркас ВОГС будет привязан к пунктам ФАГС, данные с которых находятся в открытом доступе (рис. 4).

Далее будет осуществлена привязка пунктов каркаса к ближайшим пунктам ГГС и высокоточным реперам сети ГНС. Привязка к пунктам ГГС потребует для перехода в систему МСК региона в случае предоставления материалов в Росреестр для оформления кадастрового учёта. Привязка к высокоточным реперам ГНС требуется для привязки пунктов каркаса к Балтийской системе высот Б77.

Пример проекта привязки соседних пунктов каркаса к пунктам ГГС и ГНС представлен на рисунке 5, где сплошными синими линиями показаны вектора связи с пунктами ГГС, а синими пунктирными линиями — вектора связи с пунктами ГНС.

Для обработки данных должны использоваться специальные программные продукты типа GAMIT, Bernese, GIPSY и т.п., позволяющие достигать максимально возможной точности определения векторов между пунктами спутниковых наблюдений.

В результате выполненных измерений и последующей обработки данных планируется обеспечить следующие показатели точности положений пунктов каркаса ВОГС: в плане — 5 мм; по высоте — 10 мм.

3 этап. Привязка сети рабочих реперов к пунктам каркасной сети

В рамках третьего этапа предлагается выполнить спутниковые измерения на рабочих реперах (группе рабочих реперов) с целью передачи на них системы координат ГСК-2011 (ITRF2008) и высот от пунктов каркасной сети ВОГС:

- продолжительность сеанса спутниковых измерений должна быть не менее 6 часов;
- в каждом сеансе измерения участвует не менее 3 пунктов каркасной сети;
- обработка данных выполняется в специализированном ПО (GAMIT, Bernese, GIPSY и т.п.).

Пример привязки нескольких пар реперов (рабочих центров сети сущения) к близлежащим пунктам каркаса показан на рисунке 6. Красными линиями показаны векторы от рабочих реперов к пунктам каркаса, жёлтыми линиями — векторы между пунктами каркаса.

Для более жёсткого контроля привязки пунктов ВОГС к Балтийской системе высот 1977 года рекоменду-

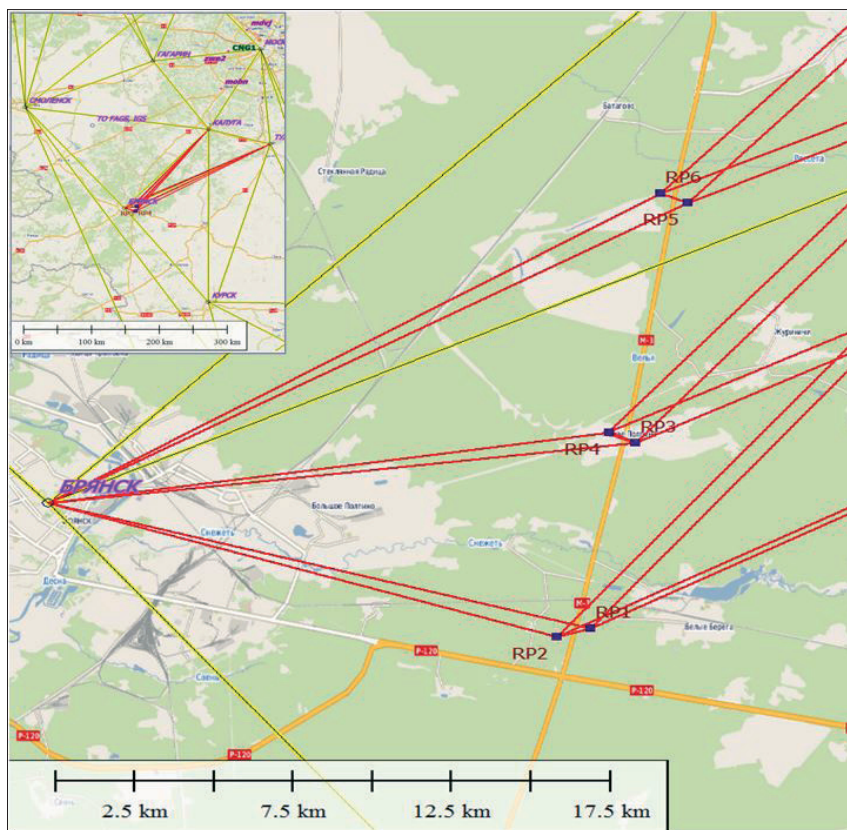


Рис. 6. Пример проекта привязки пар рабочих реперов к пунктам каркаса

ется осуществлять привязку рабочих реперов ВОГС к высотным реперам 1 класса ГНС в среднем через каждые 100 км вдоль объектов ГК «Автодор». Для этого предпочтительно выбирать высокоточные реперы ГНС в непосредственной близости от рабочих реперов ВОГС для выполнения нивелирования 1 класса.

В результате выполненных измерений и последующей обработки данных планируется обеспечить следующие показатели точности положения рабочих реперов ВОГС: в плане — 5 мм; по высоте — 10 мм.

4 этап. Постановка ВОГС на государственный учёт в качестве ведомственной сети сгущения ГГС и ГНС

Этот этап необходим для возможности официального использования рабочих реперов ВОГС в качестве исходных пунктов для выполнения инженерных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации объектов ГК «Автодор». Как уже отмечалось ранее, постановку на учёт можно выполнять поэтапно. Процедуры государственной регистрации регламентируются соответствующи-

ми инструкциями Роскартографии (Росреестра) и другими нормативными актами.

Заключение

Предлагаемое решение задачи формирования единого координатного пространства объектов ГК «Автодор», по мнению авторов, должно способствовать достижению следующих результатов:

- Обеспечение достаточного числа носителей системы координат и высот наивысшей точности для поддержки как текущей деятельности ГК «Автодор», так и перспективных средств измерений, применяемых в проектировании, строительстве, эксплуатационном мониторинге и интеллектуальных транспортных системах.
- Обеспечение запаса точности в плане и по высоте для гарантии высокой производительности измерений при разумно-достаточном сочетании пунктов каркаса и рабочих реперов ВОГС ГК «Автодор».
- Сокращение материальных и временных затрат на инженерные изыскания, проектирование, строительство и эксплуатацию объектов ГК «Автодор».

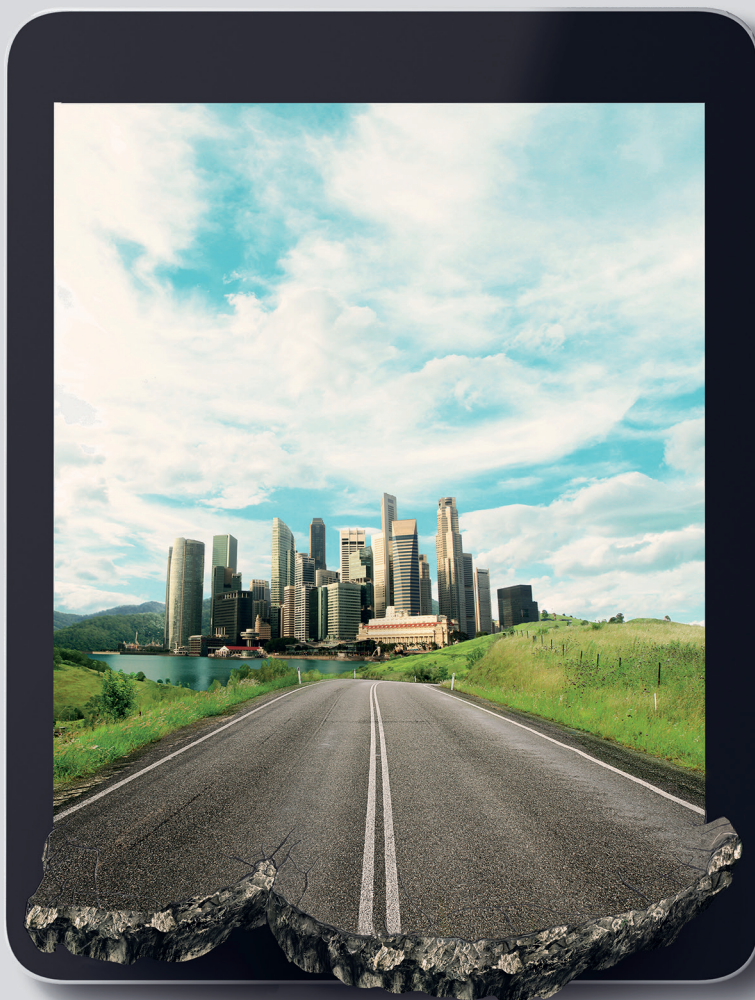
■ Обеспечение совместимости данных, полученных в разных системах координат.

■ Обеспечение возможности выполнения работ в различных системах координат (СК-42, СК-95, МСК регионов, локальных и т.п.).

■ Обеспечение возможности целостного координатного описания информационных моделей объектов ГК «Автодор».

Литература:

1. Основные положения о государственной геодезической сети Российской Федерации. ГКИНП (ГНТА)-01-006-03. Утверждены приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 17 июня 2003 г. №101-пр. М.: ЦНИИГАиК, 2004.
2. Современное состояние и направления развития геодезического обеспечения РФ. Системы координат / В.П. Горобец [и др.] // Геопрофи. 2013. №6. С. 4–9.
3. Сковорцов 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.
4. Попов В.А., Бойков В.Н. Об информационных моделях дорог в технической политике Госкомпании «Автодор» // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 8–11.
5. Сковорцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12–21.
6. Сковорцов 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.
7. Гапанович В.А. О роли саморегулирования в инновационном развитии инфраструктуры железнодорожного транспорта // Саморегулирование и Бизнес. 2014. №10(54). С. 32–35.
8. Шендрик Н.К. О возможности применения системы координат ITRF для геодезического обеспечения Новосибирской области // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. 2012. Том 2. С. 205–209.
9. Миронов С.А. ГЛОНАСС/GPS — измерения на архипелаге Новая Земля // Геодезия и картография. 2013. №1. С. 2–7.



Применение современных мобильных устройств при обследовании автомобильных дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.11

Багдасарян А.А., генеральный директор ОАО «СНПЦ «РОСДОРТЕХ» (г. Саратов)
Бакаев В.А., главный специалист ОАО «СНПЦ «РОСДОРТЕХ» (г. Саратов)

Рассматриваются возможности применения мобильных устройств при обследовании автомобильных дорог. Описываются разработанные ОАО «СНПЦ «РОСДОРТЕХ» программные модули для планшетных компьютеров, позволяющие значительно повысить производительность и качество выполняемых работ. Модуль «Учёт движения» предназначен для проведения краткосрочных замеров интенсивности транспортных потоков и расчёта на их основе среднесуточной интенсивности движения. Модуль «Мониторинг» предназначен для сбора и обработки информации по содержанию автомобильных дорог в различные периоды обслуживания.

Появление в последние годы современных планшетных компьютеров позволяет при помощи соответствующих программных продуктов значительно повысить производительность и качество работ при обследовании автомобильных дорог. В настоящее время на рынке мобильных гаджетов можно найти огромное число различных планшетов на любой вкус и кошелек. Планшетный компьютер — это именно мобильное устройство, а это означает, что его можно взять с собой куда угодно. При этом, в отличие от ноутбука, планшетный компьютер удобно использовать в любом месте. По функциональности он вплотную приближен к возможностям стационарных компьютеров, а их производительность вполне может

сравниться со средним персональным компьютером. Наличие таких дополнительных компонентов, как 3G, Wi-Fi, Bluetooth, GPS, возможность подключения карт памяти, а также встроенная камера, делает это гаджет незаменимым для инженера-исследователя.

ОАО «СНПЦ «РОСДОРТЕХ» ведёт разработку программно-технических комплексов [1]. Ниже представлены два мобильных приложения для планшетных компьютеров.

Модуль «Учёт движения»

Программа предназначена для проведения краткосрочных замеров интенсивности транспортных потоков с помощью современных мобильных устройств и перевода полученных ре-

зультатов в среднесуточную интенсивность движения.

Программа по учёту интенсивности движения устанавливается на любое мобильное устройство (телефон, планшетный компьютер и т.п.) с операционной системой Android и может использоваться как самостоятельный продукт для задач проектирования, паспортизации и диагностики автомобильных дорог.

Выделяются следующие группы транспортных средств (в соответствии с «Инструкцией по учёту движения транспортных средств на автомобильных дорогах»): легковые, лёгкие грузовые, средние грузовые (в т.ч. автопоезда), тяжёлые грузовые (в т.ч. автопоезда), сверхтяжёлые грузовые (в т.ч. автопоезда) и автобусы.

Есть возможность фиксации географических координат места измерения, проведения измерений заданной продолжительности (по окончании программа автоматически завершит сеанс измерений).

Итоговые таблицы содержат количество фактически зафиксированных транспортных средств, рассчитанную среднесуточную интенсивность движения, среднесуточную интенсивность в приведении к легковому автомобилю (рис. 1).

Модуль «Мониторинг»

Мобильное приложение позволяет собирать и обрабатывать информацию по уровню содержания автомобильных дорог в зимний и весенне-летне-осенний периоды.

Собранная информация может быть обработана на месте в автоматическом режиме с выводом результатов обследования по конкретной дороге или передана на сервер для анализа информации по сети дорог (рис. 2).

Привязка к километражу осуществляется либо по данным GPS, либо с помощью установленной на автомобиль системы измерения пройденного пути с беспроводным Wi-Fi адаптером. Вывод итоговых ведомостей осуществляется в привязке к установленным километровым знакам. ■

Литература:

- Багдасарян А.А., Пантелиди Н.С., Бакаев В.А. «Росдортех», «Индорсофт» и наука. Кооперация — источник инноваций // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1(2). С. 77-80.

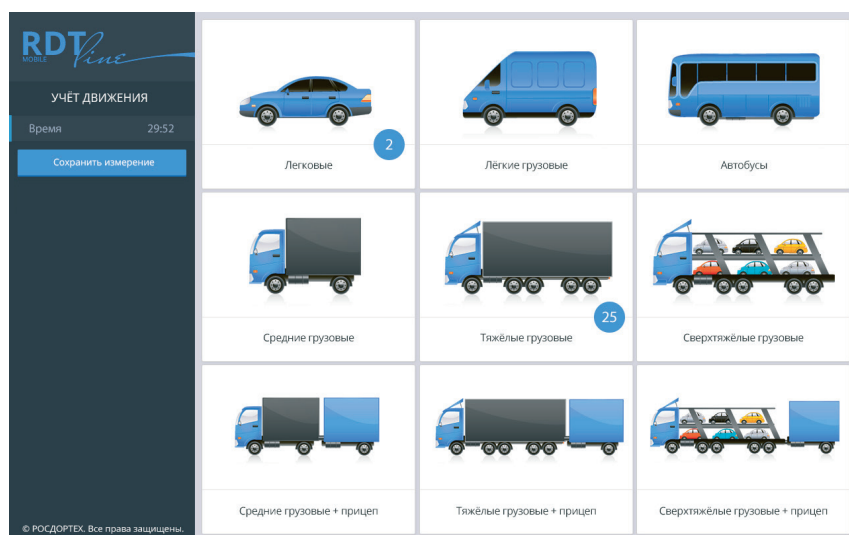


Рис. 1. Внешний вид модуля «Учёт движения»

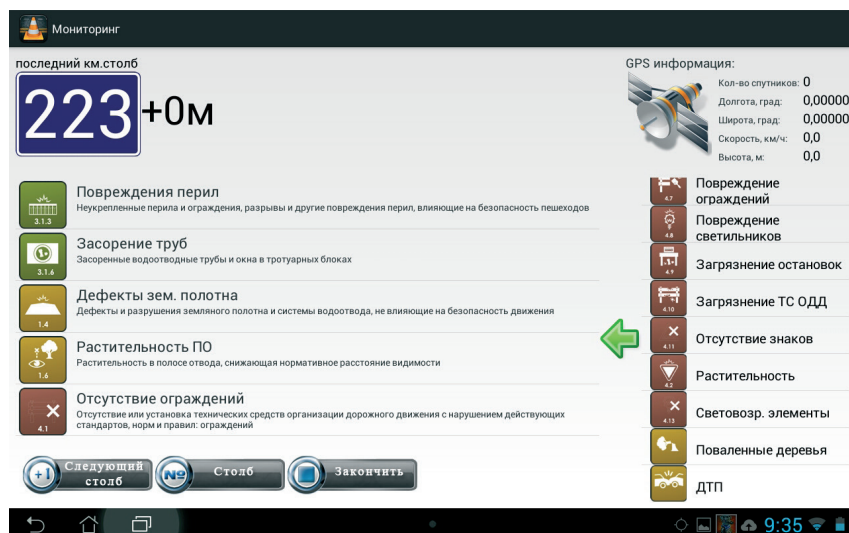


Рис. 2. Внешний вид модуля «Мониторинг»



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
САРАТОВСКИЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР

РОСДОРТЕХ

КОМПЛЕКС ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ АЭРОДРОМНО-ДОРОЖНОЙ ЛАБОРАТОРИИ КП514РДТ (RDT line)



www.rosdorteh.ru
E-mail: info@rosdorteh.ru

ОАО «СНПЦ РОСДОРТЕХ»
г.Саратов, пр.Строителей д.10-А
тел.: (8452) 62-07-50

ВЕЛИКИЙ СТРАТЕГ

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.12

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

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

Кривых И.В., руководитель методического отдела ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Фото: Патов Е.В., личный архив Сарычева Д.С.

Гость нашего журнала — Дмитрий Сергеевич Сарычев, кандидат технических наук, директор по стратегическому развитию компании «ИндорСофт», которая является одним из лидеров в области геоинформационных технологий и систем автоматизированного проектирования на Российском рынке, а также внедрения новейших технологий в отрасли дорожного хозяйства. Естественно, наша беседа началась с обсуждения актуальных вопросов в дорожной отрасли Российской Федерации.

— Дмитрий Сергеевич, как Вы оцениваете сегодняшнее состояние информационных технологий в дорожной отрасли?

— Неоднозначно. С одной стороны, мы видим множество примеров применения инновационных технологий, и почти все они так или иначе связаны с информатизацией. Эта связь естественна, ведь наша постиндустриальная цивилизация вступила в эру информационных технологий уже давно, и они достигли зрелости. С другой стороны, если в ряде отраслей (машиностроение, например) информационные технологии полностью созрели и связали все отраслевые процессы, в дорожной отрасли они хоть и прорастают, но связи пока не развиты.

Приведу простой пример. Системы автоматизированного проектирования дорог уже достигли высокой степени совершенства и позволяют получать качественные, точные модели дорог. Системы автоматизированного управления дорожно-строительной техникой также уже много лет позволяют эффективно и точно производить грейдирование, фрезерование, укладку в соответствии с заложенными моделями... но полноценной связи отраслевого масштаба между ними пока нет, лишь отдельные пилотные проекты. Очевидно, это вопрос достижения зрелости, формирования «технологического уклада».

То, что мы сейчас видим (интеллектуальные транспортные системы, геоинформационные системы) — это так называемый «технологический бульон», на основе которого и будет функционировать информационная инфраструктура будущего. Это опорный фундамент для систем принятия решений, планирования деятельности и контроля достигнутых показателей. Вот Вы улыбаетесь, а будущее — не за горами. В ближайшие годы США планирует узаконить передвижение роботизированных автомобилей по гражданским автодорогам, что не только позволит

по-новому заниматься перевозкой грузов и пассажиров, но и даст толчок к созданию роботизированных ремонтных и обслуживающих комбайнов. Представляете? Неподкупный контроль качества глазами лазерных измерителей и мгновенная передача телеметрии на центральный диспетчерский сервер. И, безусловно, это самое «фантастическое будущее» зависит от наших сегодняшних решений и действий.

— А что, на Ваш взгляд, действительно значимого происходит в настоящее время в отрасли? Известно, что постоянно появляются разные новые технологии, «фишки», модные примочки — в целом всё это как-то двигает нас вперёд?

— Это двойной процесс. Есть базовая ветвь развития, которую техническая и информационная цивилизация методично возвращает: спутниковое позиционирование, роботизация и тому подобное. Эти технологии уже десятилетия постепенно покрывают разные прикладные области. Как электричество в своё время. Разумеется, столь длительное целенаправленное внедрение могут обеспечить только гиганты — сильнейшие государства и мегакорпорации.

Есть и другая ветвь прогресса. Это то, что придумывается и делается предприимчивыми компаниями. Я не про стартапы, а про вполне серьёзные вещи: лазерное сканирование, беспилотники (летающие и едущие по дорогам), системы мониторинга транспорта и так далее. Понятно, что всё это базируется на первой ветви, но именно предпринимательская, коммерческая составляющая второй ветви позволяет идти технологиям «вширь», и это уже начинает менять традиционный ландшафт инфраструктуры.

Думаю, в целом вектор развития будет таким: дорога будет становиться всё более интеллектуальной, дорожное хозяйство — всё более авто-





матизированным, транспорт — всё более самостоятельным, и мы перейдём в эпоху SmartRoad. А самое важное, что информатизация инфраструктурных отраслей рано или поздно сделает неизбежным появление Smart State — интеллектуальной автоматизированной системы управления территорией, государством.

— **Дмитрий Сергеевич, Вы являетесь директором по стратегическому развитию компании «ИндорСофт»... Звучит очень ответственно... Так в чём же заключается миссия компании и Ваша роль как одного из главных идейных лидеров?**

— Миссия «ИндорСофт» нами понимается как развитие пятого и шестого технологического уклада. Есть такие концепции — SmartBuilding, SmartRoad, SmartCity, SmartState, переводятся они как «Умный дом», «Умная дорога», «Умный город» и так далее. Суть такова: объединить и увязать все ИТ-технологии, управляющие объектом, воедино и поставить этой связке некие цели: экологичность, безопасность, экономичность, интерактивность. И если переходить от миссии к нашим конкретным целям, то это будет, в первую очередь, цель создания «Умной дороги».

Мы делаем свой вклад в написании идеологии. Ведь важно из этого разрозненного «бульона

идей» выбирать важное и конструировать с его помощью наше с вами будущее. Мы подсказываем, как правильно использовать имеющиеся наработки, и это большая ответственность. Ведь важно не «расплываться» и сформировать каркас-платформу, которая станет основой.

Моя роль? Всё знать досконально и при этом не скатываться в частности. Это по-крупному. В действительности, я занимаюсь и углубленным изучением информационных и смежных технологий дорожной отрасли и других отраслей: энергетики, транспорта, геодезии, строительства и так далее.

— **В последнее время одна из самых «горячих» тем строительной отрасли — BIM... Какой смысл Вы вкладываете в это понятие применительно к дорогам?**

— Дело в том, что вульгарный смысл BIM — это последовательная интеграция нескольких стадий проектирования зданий. Я предпочитаю другой термин, более общий — «Информационное моделирование». Я бы выделил две существенные ипостаси «Информационного моделирования». Во-первых, это стандарты на описание моделей и вопросы интероперабельности (стандарты IFC, обменные форматы — собственно BIM). Во-вторых, это гармонизация жизненного цик-

...есть две плоскости информационного моделирования: сами модели и организация процесса. И там, и там не хватает стандартов и методик применительно к дорожной отрасли. И там, и там есть технологическая неготовность участников жизненного цикла. Это пока.

ла сети автомобильных дорог и цикла информационного моделирования — чтобы обмен данными происходил по определённым регламентам, в договорах и заданиях были чёткие, понятные всем формулировки требований, документация получалась автоматически по создаваемым на этапах жизненного цикла моделям, сами информационные модели были основой принятия решений при управлении (собственно Integrated Project Delivery, IPD).

— Существует ли в настоящее время информационное моделирование в дорожной отрасли в России?

— Для ответа на вопрос «есть или нет» информационное моделирование в дорожной отрасли надо задать критерии. В прошлом номере журнала мой коллега, Алексей Владимирович Скворцов, представил хорошую статью про оценку зрелости BIM автомобильных дорог. Методика оценки для дорожной отрасли сформулирована пока в первом приближении, но итог — оптимистический — примерно такой: самый лучший уровень в ведущих проектных организациях, там уровень зрелости можно оценить как 50%. На уровне управления федеральными дорогами — чуть ниже (40%), на территориях — ещё ниже (30%), в строительных организациях — 20%, в эксплуатирующих — 10%. Разумеется, это «температура в среднем по больнице», но качественный вывод таков: мы только в начале пути.

— На Ваш взгляд, чего не хватает в России для повсеместного внедрения информационного моделирования в дорожной отрасли?

— Как я упоминал, есть две плоскости информационного моделирования: сами модели и организация процесса. И там, и там не хватает стандартов и методик применительно к дорожной отрасли. И там, и там есть технологическая неготовность участников жизненного цикла. Это пока.

Мы видим следующую дорожную карту внедрения информационного моделирования.

Во-первых, это разработка специфических IFC-моделей для линейно-протяжённых объектов и их стандартизация. В мире процесс начался. Например, появился первый проект стандарта на модель трассы автомобильной дороги «IFC Alignment», и наш софт уже поддерживает его. Для включения в процесс нужно участвовать в разработке таких мировых стандартов, и со стороны нашей страны тут мог бы выступить лидер инноваций — госкомпания «Автодор», которая, кстати, активно ведёт НИР в этом направлении.

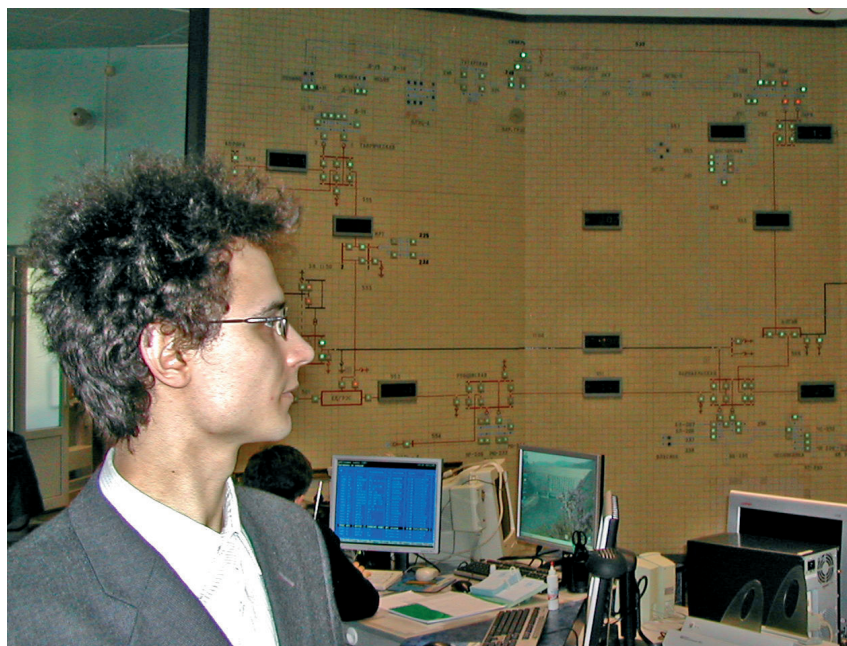
Во-вторых, это проработка методической, регламентной части. Уход от лоскутного понимания этапов жизни дорожной сети к пониманию их непрерывной связи и управления на основе объективной, актуальной информации. Здесь серьёзное подспорье оказывает общестроительная отрасль, где методики и регламенты продвинулись дальше. Например, в ряде слу-

чаев экспертиза проектов может быть выполнена не по бумажной документации, а по модели. Предложены типовые технические задания и договоры, которые полностью сформулированы в BIM-терминологии и описывают процессы IPD. Для дорожной отрасли надо сделать то же.

В-третьих, это согласование действий производителей программного обеспечения — для поддержания новых стандартов и форматов. Цель — максимизировать интероперабельность, позиция «собаки на сене» абсолютно вредна. Кто не желает интегрироваться в процесс, в перспективе останется за бортом.

— Как поменяется жизненный цикл дороги после внедрения информационного моделирования?

— Словосочетание «жизненный цикл» слишком общее. Есть несколько «параллельных» циклов, причём некоторые связаны с самой дорогой (проект — стройка — ввод в эксплуатацию), а некоторые — только с документацией (паспортизация, инвента-



В диспетчерской ОДУ Сибири, внедряем ГИС, 2003 год



ризация и так далее). В статье [1] мы попытались проанализировать циклы с точки зрения потоков информации в этих циклах. И моё мнение следующее: самое главное совершенствование в управлении дорожной деятельностью начнётся тогда, когда появится чёткий, непрерывный цикл информационного моделирования автомобильных дорог. Он будет пролегать и через проектные стадии, и эксплуатацию, затрагивать как дорожное хозяйство, так и градостроительство. Мы (ИндорСофт) довольно долго шли к такому пониманию и теперь видим, что это правильный путь. Строительная отрасль в целом начинает осваивать технологии BIM и методологии IPD — на проектной и строительной стадиях. Мы разобрались с «замыканием» цикла информационного моделирования через стадию эксплуатации.

— Сейчас в России активно запускаются программы импортозамещения в разных отраслях экономики. А как Вы относитесь к идее импортозамещения в области информатизации?

Одним словом — осторожно. Тут важно чётко ставить цели: безопасность в стратегических отраслях и развитие отечественной ИТ-индустрии. Если рассматривать предлагаемые меры по импортозамещению (в ос-

Значимость для себя я оцениваю не по масштабу проекта, а по его новизне...

новном запретительного характера) под углом соответствия этим целям, то становятся очевидны «подводные камни», а именно: вытеснение самых современных и качественных программных продуктов из ИТ-ландшафта страны (в особенности из всех бюджетных сфер) при том, что отечественные аналоги, переставая испытывать конкуренцию, вряд ли будут быстро совершенствоваться. Ведь без конкуренции со стороны качественного товара нет стимула «тянуться», соответствовать передовому уровню.

Безусловно, есть ряд «стратегических» отраслей и «ниш», где из соображений безопасности жёсткое импортозамещение необходимо. В широком же смысле, гораздо более продуктивными могли бы стать рыночные механизмы поддержки импортозамещения: таможенные пошлины, НДС на лицензирование иностранной информационной продукции и так далее.

Истинное импортозамещение будет возможно не тогда, когда мы отгородимся железным забором и напишем свой «православный» софт. Оно будет

возможно тогда, когда мы будем тягаться с лучшими зарубежными образцами, поддержим самые передовые стандарты и форматы и покажем, что наш софт может заменить зарубежный, что он лучше, и сделать это экономически выгодно.

— Насколько мне известно, спектр проектов, в которых Вы принимали участие, очень широк, — от разработки и внедрения геоинформационных систем в области электроэнергетики и автомобильных дорог до совершенствования нормативно-технической базы. Расскажите нам об этих проектах. Какой или какие из них Вы считаете самыми значимыми для себя?

— Значимость для себя я оцениваю не по масштабу проекта, а по его новизне, переносу опыта из одной сферы в другую.

Начну со студенческой скамьи. Это был проект стереофотограмметрической системы с жидкокристаллическими очками, которые тогда только появились на свет, как и мониторы, способные с ними работать. Там было всё: и математика, и геодезия, и низкоуровневое программирование, и работа паяльником. Действующего образца не было — импортные системы стоили космических денег (1998 год), отечественные аналоги (Ракурс в пер-



вую очередь) были примерно на той же стадии развития, что и мой проект. И система заработала. И на защите работы стояла очередь из преподавателей и студентов факультета информатики, чтобы попробовать эту систему в действии.

Далее, был значимый проект для города: кадастр инженерных сетей на базе ГИС. Но в отличие от аналогов, которые стали появляться, мы глубоко погрузились в технологическое описание сетей. У нас была не просто карта труб и кабелей — она была живая, с мнемосхемами, работающими задвижками и выключателями, с моделированием работы сети. Переключаем, например, регулятор трансформатора на подстанции и видим на карте, где повысилось или понизилось напряжение у потребителей, а где вообще защита сработала и квартал погрузился во тьму. Система, кстати, до сих пор работает и совершенствуется в ряде городов, предприятий, в аэропортах.

Затем меня позвал в команду выдающийся, не побоюсь этого слова, дорожник Владимир Николаевич Бойков. Была создана компания «ИндорСофт». И первым важным проектом стало создание информационной системы автомобильных дорог для эксплуатации. Мы изучили действующие аналоги (АБДД, Титул, Аксад и другие) и выявили одно слабое место: отсутствие связанной, целостной модели автомобильной дороги. То есть получались какие-то данные, и связь между ними происходила лишь при обработке по стандартным методикам. Неизменные параметры постоянно снимались повторно, возникало дублирование и коллизии. Мы поставили задачу разработки именно связанной, целостной модели дороги с разделением видов информации на постоянные и переменные. Так возникла система IndorRoad.

Позже мы инициативно начали делать ГИС для автомобильных дорог на базе этой модели. Изучили запросы и ожидания отрасли. Мы поняли, что просто ГИС в виде осевых линий и точечных объектов малополезна. Поставили цель: развить ГИС автомобильных дорог до такого состояния, что на базе ГИС-модели можно было бы решать все технические и управленческие задачи по эксплуатации сети дорог. Росавтодор в лице Олега Валентиновича Белозёрова и Николая Викторовича Быстрова поддержал это начинание, и мы встроились в процесс создания АСУ Росавтодора. В результате была создана и отчасти наполнена данными «Прикладная система ГИС». Это была полноценная, целостная модель дороги, очень подробная, с детальной аэрофотосъёмкой придорожной полосы. Побочным эффектом стало то, что паспорт дороги, линейные графики и подобные формы стали казаться полным атавизмом. На базе модели был решён ряд прикладных задач. Венцом данного проекта стала последующая разработка двух ГОСТ Р, описывающих геоинформационную модель дороги в духе самых современных западных стандар-

тов того времени — EuroRoadS и INSPIRE. Затем была разработана ГИС дорог для госкомпании «Автодор», она стала трёхмерной и заработала в соответствии с принятым регламентом, стала основой для эксплуатации дорог.

Ещё отмечу свою работу по применению технологии мобильного лазерного сканирования. Сейчас она широко пошла в массы, а на первых порах не было уверенности ни в качестве результата, ни в способах его применения. Мы работали с выдающимися энтузиастами данного направления — НПО Регион, и даже приобрели для отработки технологической цепочки собственный сканер. Детально проработали массу технических вопросов — от организации полевой съёмки до алгоритмов и структур данных для эффективного использования облаков точек в САПР. Совместно с проектировщиками разработали формальную методику проектирования ремонтов на материалах сканирования. Отработали технологию обновления и уточнения ГИС-модели по материалам сканирования. Начали отечественное научное направление по алгоритмам обработки данных сканирования. И процесс пошёл — как мы ожидаем, лазерное сканирование через 5 лет станет повсеместным стандартным процессом при проектировании и обследовании автомобильных дорог.

Сейчас — информационное моделирование, BIM. У нас есть уникальный опыт и в ГИС, и в САПР, и в разработке стандартов. И лучше всего об этом расскажут наши статьи. Надеюсь, что этим проектом мы тоже будем гордиться.

— Дмитрий Сергеевич, верите ли вы в сингулярность?

— Вы имеете ввиду точку пересечения вычислительных возможностей компьютеров с интеллектуальными способностями человека? Это захватывающая футурологическая теория. Учитывая закон Мура, который гласит, что вычислительные возможности компьютеров удваиваются каждые два года, существует версия, что компьютеры сравняются с возможностями человеческого мозга в 2047 году. Это очень важная предпосылка, поскольку даёт надежду на резкий скачок в развитии человечества после достижения этого момента. ■

Литература

1. Сковцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. №1(4). С. 4–14.

История дорожных одежд

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.13

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

Тропы, пути и направления становятся дорогами тогда, когда их облачают в дорожные одежды. Чтобы движение по той или иной дороге осуществлялось круглогодично, строители укрепляют земельное полотно. Для этого в разные времена использовались разные материалы, обычно наиболее доступные для местности, по которой проходит дорога. Использование таких природных материалов, как камень, дерево и битум в строительстве дорог обнаруживается уже в глубокой древности. Некоторые участки древнейших дорог, по которым можно пройти, а то и проехать на автомобиле, сохранились до наших времён.

Каменные дороги древних римлян и народов Америки

Древнейшие каменные дороги со сложными конструктивными слоями, построенные во времена миннойской цивилизации на о. Крит, относят к 3 тыс. г. до н.э. Дороги с каменным покрытием существовали в Ассирии, Хеттском царстве, импе-

рии Ахеменидов. Но самыми знаменитыми из древних каменных дорог стали римские, строительство которых приходится на период с 5 в. до н.э. по 3 в. н.э. По сей день в учебниках для инженеров-дорожников приводятся схемы конструкций дорожных одежд на римских дорогах, во многом повлиявших на общую траекторию развития технологии строительства дорог.

Римская империя уделяла огромное внимание развитию дорожной сети, прокладывая к каждой новой завоёванной территории каменные дороги. В период наивысшего могущества в империи насчитывалось около 90 тыс. км магистральных каменных дорог. Историки полагают, что с учётом грунтовых и гравийных дорог местного значения общее протяжение дорожной сети Римской империи составляло от 250 тыс. до 300 тыс. км.

Используя способ многослойной укладки различных материалов, римляне создали непревзойдённые по своей долговечности конструкции дорожной одежды в истории дорожного строительства. Имеющиеся ресурсы (дешёвая рабочая сила — рабы; изобилие каменного материала) и благоприятные климатические условия позволяли им делать дороги на века (рис. 1, 2, 3).

С современной точки зрения римские дорожные одежды имели избыточно большую толщину, порой достигавшую 1 м. Но при этом надо учитывать, что конструкция сооружалась не сразу, дорожная одежда наращивалась слой за слоем в течение нескольких веков.

Дорога строилась методом «слоёного пирога»: нижний слой состоял из крупных необработанных камней; следующий слой (около 20 см) представлял собой массу более мелкого битого камня, скреплённого связующим раствором. Третий слой (около 15 см) состоял из зацементированных мелких обломков кирпича и керамики. Поверх часто клали четвёртый слой —

Дадётся экскурс в историю возникновения и развития технологий строительства автомобильных дорог. Приводится описание конструкций дорожных одежд, сооружаемых в разные исторические периоды различными народами. Продемонстрирован процесс усложнения способов обработки природных материалов, используемых при создании дорожных одежд.



Рис. 1. Римская магистральная дорога из Антиохии в Халкиду (Сирия)



Рис. 2. Древнеримская дорога. Помпеи

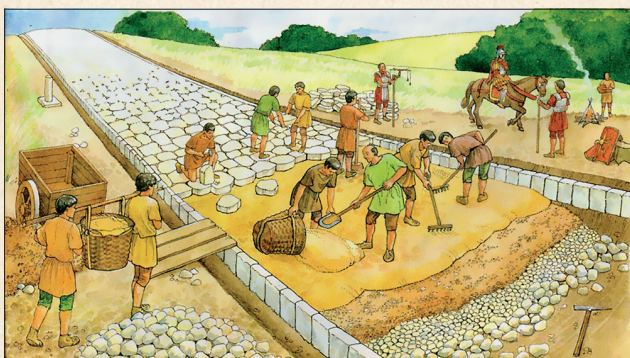


Рис. 3. Строительство римской дороги

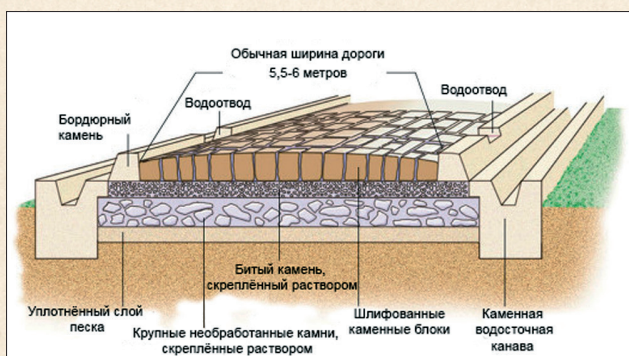


Рис. 4. Типовая конструкция дорожной одежды римской дороги



Рис. 5. Древняя дорога инков

крупные булыжники из базальтовой лавы. Мостовая имела двускатный поперечный профиль, что обеспечивало сток воды (рис. 4).

На плотных грунтах слои каменных материалов — гравия, естественного щебня — укладывали непосредственно на поверхность грунта, заполняя пустоты между ними местным грунтом или погружая в грунт каменную шашку или булыжник. На слабых грунтах делалась выемка, на дно которой плашмя укладывали каменные плиты [1].

Утверждение, что эти дороги были дорогами, на наш взгляд, довольно спорно. Так, самая значимая дорога античности, соединявшая Рим с Грецией, Египтом и Малой Азией, — Аппиева дорога протяжённостью более 354 миль (≈ 570 км) — в первые века нашей эры стоила казне по 109 тысяч сестерциев за каждую милю [2] или 43600 ассов. Зарплата солдат, занимавшихся строительством дорог, составляла примерно 400 ассов в месяц. В переводе на современные рубли — 1 миля римской дороги стоила 250 тысяч рублей. Строительство же подобной дороги в наши дни обходится примерно в 35 млн. рублей за километр.

Если считать, что в наши дни строительство дорог в разных странах обходится от 35 до 122 млн. рублей за 1 километр, то по современным меркам римские дороги не могут считаться дорогами.

С падением Римской империи возведение подобных конструкций стало невозможным. Но, на тысячелетия пережив своих создателей, римские дорожные одежды навсегда останутся отправной точкой в истории строительства дорог. Именно дороги древних римлян легли в основу современной дорожной сети Европы. И сегодня есть дороги, сохранные в первозданном виде, а среди них есть участки, открытые для автомобильного движения.

Не менее уникальным явлением в истории дорожного строительства являются каменные пути, проложенные народами древней Америки вдоль побережья Тихого океана и через джунгли Амазонии (рис. 5). По сей день эти грандиозные сооружения впечатляют своей монументальностью и неподвластностью времени.

Майя (3–10 вв.), ацтеки (14–16 вв.) и другие племена Мезоамерики, ведя мирную торговлю между собой, проложили многочисленные каменные тропы. Самая же густая сеть древнемексиканских дорог (16 тыс. км) была построена инками (11–16 вв.) для перемещения колонн воинов в ходе завоевательных войн. По своей плотности древние дороги в десятки раз превосходили сегодняшнюю инфраструктуру автомобильных дорог и во многом составили её основу. В наши дни древние дороги проходят по территории современных государств: Перу, Эквадора, Боливии, Колумбии, Чили, Аргентины.

В Древней Америке, в отличие от Древнего Рима, не было индивидуального рабства, строительство дорог возлагалось на общины местных племён, работавших под руководством профессиональных дорожников-надзирателей.

По большей части дороги были проложены на высоте от 3500 до 5000 м на крутых склонах Анд. Поверх уложенных насухо грубо отёсанных известняковых плит массой от 15 до 150 кг укладывался слой известнякового гравия. Уплотнённый во влажном состоянии, он образовывал твёрдую сцементированную светлую поверхность, которая, вбирая в себя дождевую влагу, превращалась фактически в бетон.



Рис. 6. Бревенчатая мостовая, археологические раскопки древнего Новгорода

Считается, что «доколумбовая» Америка не знала колеса. Древние дороги строились исключительно для пешеходного движения, и до 15 века по местным дорогам товары перемещались исключительно на спинах людей и южноамериканских лам.

Не на всём своём протяжении древнеамериканские дороги были каменными. Их устраивали только на особо неблагоприятных сырых и заболоченных местах. Если дорога проходила по болоту — её поднимали на дамбу, если она пересекала зону постоянных дождей — укрепляли верхние слои. На остальном же протяжении это был естественный твёрдый каменистый грунт. Но это не мешает сохранившимся до наших дней сооружениям оставлять неизгладимое впечатление у каждого, кто увидит этот грандиозный памятник строительства дорог.

Деревянные настилы и мостовые

Дерево использовалось для обеспечения проходимости троп с глубокой древности. Так, в Великобритании сохранились участки дороги, строительство которой относят к 4 тыс. г. до н.э. Для преодоления торфяного болота на брёвнах в X-образном положении были закреплены молодые деревья ясеня, дуба, липы, на которые укладывали дубовый настил [3]. Дорога использовалась для пешеходного движения.

В России долгое время деревянные дорожные одежды являлись практически единственным типом искусственных покрытий на главных улицах русских городов, а также на отдельных труднопроезжаемых участках загородных дорог. Конструкция бревенчатой мостовой на протяжении веков не

менялась. Устраивали настилы из широких плотно пригнанных друг к другу стесанных брёвен-плах, уложенных по трём продольным длинным тонким брёвнам — лагам. Ширина плах иногда достигала 1 м. Их поверхность была тщательно выровнена, а внизу сделаны выемки для плотного прилегания к лагам. Когда деревянные настилы изнашивались, их устраивали заново, обычно оставляя старые настилы в земле. Так, при раскопках в Новгороде в культурном слое, относящемся к 10–15 векам, было найдено 25 настилов (рис. 6) [4].

Новое решение по использованию дерева в строительстве дорог в 1820 году предложил инженер путей сообщений В.П. Гурьев. Его модель сосновой шашки (торца) стала широко применяться в России и за рубежом.

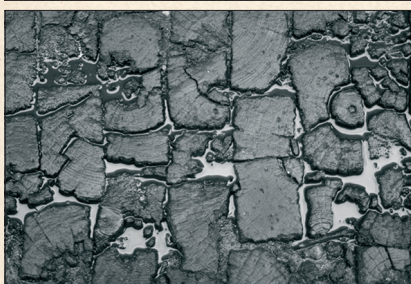


Рис. 7, 8. Деревянные дорожные покрытия. Начало 20 века, Чикаго



Рис. 9. Укладка деревянного дорожного покрытия. Начало 20 века, Питсбург

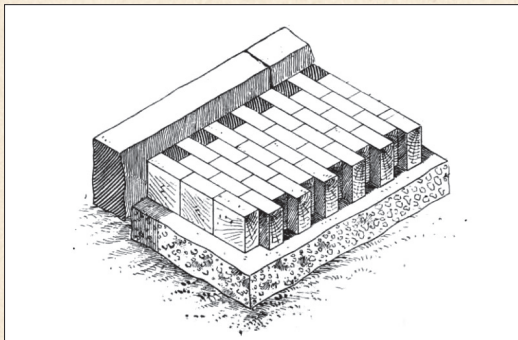


Рис. 10. Конструкция торцевой мостовой

Рис. 11. Всплывшая после наводнения мостовая. Петербург, 1924 г.



Первая деревянная торцевая мостовая была построена в Петербурге на Невском проспекте и Дворцовой набережной. В конструкцию дорожной одежды такой мостовой, как представлено в докладе В.П. Гурьева «Об учреждении торцовых дорог и сухопутных пароходов в России посредством компаний», входили:

1. Уплотнённые профилированные грунты.
2. Слой основания из гравийных или щебёночных смесей.
3. Слой песка 5–8 см.
4. Слой деревянной шашки (торцов высотой 18 см и шириной 25,4 см, соединённых деревянными штырями), который осмаливали и посыпали песком.

Торцы Гурьева вызвали огромный интерес в ряде европейских стран и, Соединённых Штатах Америки (рис. 7, 8, 9, 10). Так, в Англии шестигранные деревянные блоки были успешно опробованы на улицах Манчестера и Лондона. А в 1833 году в Бостоне специальный городской уполномоченный Джорж Смит выступил с докладом перед советом старейшин и предложил «секретный метод строительства тротуаров из дерева» по технологии Джентльмена Гурьева из Петербурга. Преимущества деревянной мостовой перед каменной виделись в возможности снизить шум от движения и сделать дорогу чище. На основании доклада совет старейшин поручил Смиту опробовать «русский метод».

В дальнейшем деревянные дорожные покрытия широко использовались в США, где получили название «покрытия С. Николсона», который в 1848 г. описал процесс укладки деревянных блоков. Особое внимание уделялось швам, которые заливали асфальтом, цементом и т.п. А сами торцы пропитывались антисептиком для предупреждения быстрого гниения [5].

При всех своих достоинствах деревянная торцевая мостовая имела серьёзные недостатки: недолговечность (каждые 7 лет требовался ремонт) и пожароопасность. Кроме того, в случае

наводнения торцы всплывали, и мостовая разрушалась. В Петербурге полное разрушение покрытия случалось несколько раз (рис. 11). Например, в 1924 году наводнением смыло 341 тыс. кв. м покрытия из торцевой шашки [6].

С появлением на дорогах автомобилей деревянные торцевые мостовые начали отходить на второй план и вскоре совсем перестали строиться. Но дерево и сегодня используется в дорожном строительстве. Деревянные настилы применяются при строительстве дорог на болотах и в условиях повышенной влажности грунтов. Особым спросом в таких условиях пользуется лиственница. Её древесину отличает уникальная особенность: во влажной среде она не только не гниёт, наоборот, минерализуется и становится твёрдой как бетон.

Переходные покрытия

Более сложные конструктивные решения появились в период промышленной революции в 18 веке, когда ручной труд начал заменяться машинным, и стала возможной более сложная обработка материалов.

Инженерам Нового времени, сменившего Средние века, требовалось снизить трудозатраты на строительство дорог. Отталкиваясь от образцов римских дорожных конструкций, они начали экспериментировать с уменьшением толщины конструктивных слоёв. При этом главной задачей виделось предотвращение проникновения воды в нижние слои дорожной одежды.

В 1786 г. в России была утверждена обязательная конструкция дорожной одежды капитана Баранова для дорог с проезжей частью. В нижней части двухслойного покрытия засыпался щебень «размером с куриное яйцо», в верхней укладывался 2–4-дюймовый камень, который требовалось «уколотить поплотнее ручными бабами». Впервые утверждалась необходимость предварительного уплотнения покрытия железными и каменными катками.

В историю же дорожных одежд двухслойное покрытие (нижний слой — крупный щебень, верхний — одномерный мелкий щебень), укатанное тяжёлым катком, вошло как изобретение шотландского инженера-дорожника Джона Макадама (1756–1836 гг.). При этом особое внимание заострялось на одномерности щебня: частица должна была весить в среднем 170 г, а по размеру проходить в кольцо диаметром 5 см (рис. 12).

Слово «макадам» стало нарицательным и сейчас используется повсеместно, нередко встречаясь и в художественной литературе: «Листья платанов падали дрожащими китайскими тенями на макадам мостовой» [7].

Если в качестве связующего вещества использовалась не вода, а разновидность битума, то такая дорожная одежда называлась тармакадам. Щебень в сочетании со смолой и под давлением тяжёлого катка превращался в жёсткую, ровную и водонепроницаемую поверхность, прекрасно подходящую для движения колеса. Такие дёгтебетонные дороги считались самыми лучшими до появления асфальта.

Природный и искусственный асфальт

В строительстве дорог природный асфальт использовался уже в Древней Месопотамии. Расположенная на осадочных грунтах долин рек Тигра и Евфрата, Месопотамия не имела каменных материалов. Для мощения дворов храмов и улиц использовался кирпич, обожжённый в печах при температуре 550–600°C. Этот слабый пористый кирпич укладывался на мастику, приготовленную из смеси глины, песка, гравия и природного асфальта. Асфальт (смесь битумов) добывали из месторождений на побережье Мёртвого моря, в Латтакии (Сирия) и ряде других мест.

Активное использование природного асфальта в дорожном строительстве началось, когда многократно возросла интенсивность движения. Первым применением асфальта на дорогах считается укладка в 1824 году крупных блоков натурального асфальта на Елисейских полях в Париже.

Изобретателем же современного дорожного битума считается профессор Эдвард Дж. де Смедт. В 1870 году бельгийский эмигрант, работая в Колумбийском университете (Нью-Йорк), получил патент на изобретённое им новое дорожное покрытие, получившее известность как французское асфальтовое покрытие.

Хотя известны и более ранние попытки укладки асфальта: например в Петербурге с 1866 года использовались покрытия с применением сызранских асфальтов [8].

Одним из крупнейших источников природного асфальта является озеро Пич-Лейк на острове Тринидад в Карибском море (рис. 13). Занимая



Рис. 12. Укладка первой щебёночной дороги в США, 1823 г.

около 40 гектаров площади и имея внушительную глубину (больше 80 метров), оно содержит более 6 млн. тонн природного битума, причём уровень битума не понижается — всё вычерпанное восполняется, подземный битумный «завод» работает без остановки. В 1876 году 54 тыс. кв. м листового асфальта из Тринидада было использовано на Пенсильвания-авеню, Вашингтон, округ Колумбия. Несмотря на напряжённое дорожное движение, в течение 11 лет поверхность дороги оставалась в идеальном состоянии. Так асфальт из Тринидада получил мировую славу.

Постепенно производство нефтепродуктов позволило заменить природный асфальт искусственным. Началом же систематического строительства усовершенствованных покрытий следует считать быстро распространявшуюся укладку на улицах столичных городов покрытий



Рис. 13. Одно из крупнейших асфальтовых озёр — Пич-Лейк на острове Тринидад

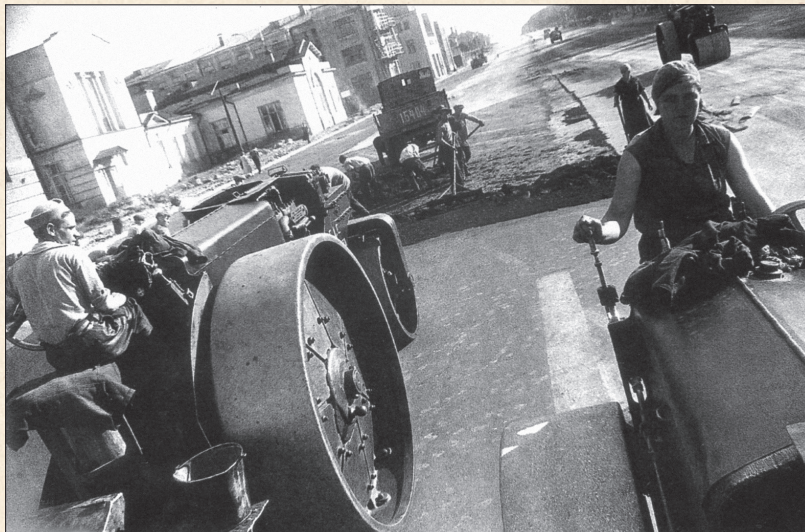



Рис. 14. Укладка асфальта. Большая Калужская улица, Москва, 1930 г.

из «трамбованного асфальта» — природный асфальт разогревали в котлах и, после разравнивания на прочном каменном основании, уплотняли трамбованием (рис. 14). В 1913 году в Европе впервые была применена заимствованная у США укатка «асфальтовой массы». Покрытие получило название «укатанного асфальта». Оно отлично подходило для резинового колеса и быстро получило широкое распространение.

Спустя век дорожная техника для укладки асфальта в своём развитии ушла далеко вперёд. Современные асфальтоукладчики автоматически осуществляют подачу, распределение, укладку материалов и нивелирование дороги (рис. 15).

Наибольшее внимание сейчас уделяется цементно-бетонным дорогам. Такие покрытия превосходят асфальтовые по прочности, износостойкости и долговечности, а также имеют целый ряд эксплуатационных и экологических преимуществ. Высокие транспортно-эксплуатационные качества и возможность полной механизации строительных работ выдвигают бетонные покрытия дорог на первое место в мире среди усовершенствованных покрытий (рис. 16). 

Литература:

1. Бабков В.Ф. Развитие техники дорожного строительства. М.: Транспорт, 1988. 269 с.
2. Альберто Анджела. Один день в древнем Риме. Повседневная жизнь, тайны и курьезы. М.: КоЛибри, 2010. 480 с.
3. Коулз Джон М. Самая древняя дорога в мире // В мире науки. 1990. №01. С. 64–72.
4. Бабков В.Ф. От выючных троп до скоростных магистралей // Техника молодёжи. 1984. №07. С. 62–64.
5. Johnson Frank G. The Nicolson Pavement, and Pavement Generally. New York: W. C. Rogery @ Co, 1867. 130 p.
6. Крынин Д. Мостовые Москвы // За рулём. 1928. №5. С. 26–28.
7. Сименон Ж. Бегство господина Монда. М.: Копирайт, 1997. 250 с.
8. Исторические очерки строительства дорог и мостов / В.П. Бойко [и др.]. Томск: изд-во Том. Гос. Арх. Строит. Ун-та, 2012. 150 с.

В статье использованы иллюстрации авторов: В. Gagnon, Sh. Rajagopalan, В. Валуйских, В. Дмитриенко



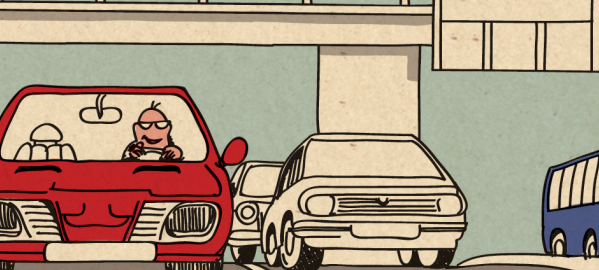
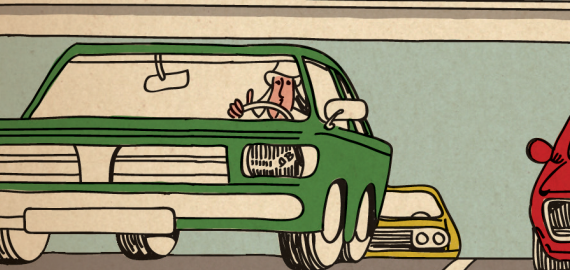
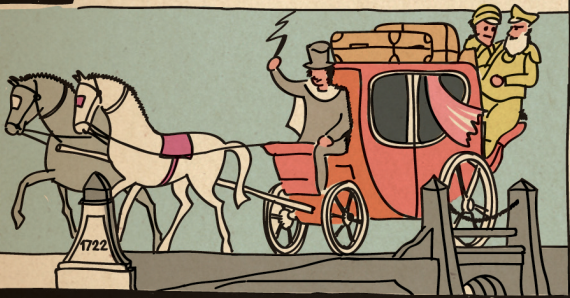
Рис. 15. Современный асфальтоукладчик



Рис. 16. Укладка монолитного бетонного бордюра



ИСТОРИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД





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