

Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1

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



Рассматривается история создания и развития систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР АД) от первых расчётов до современной работы в соответствии с концепцией информационного моделирования автомобильных дорог (ИМД). Анализируется текущий переломный момент в эволюции САПР АД, когда цели развития ИМД сформулированы, но как их достичь средствами САПР АД, ещё не ясно. Сформулированы 12 основных элементов информационного моделирования автомобильных дорог, наиболее подходящих для оценки ИМД как в части уровня развития программных систем (в т.ч. САПР АД), так и управленческого окружения. На основе анализа существующего отечественного опыта показана высокая степень готовности отечественных программных технологий, ничуть не уступающих зарубежным решениям. В заключении формулируются в виде плана основные направления и задачи развития информационного моделирования автомобильных дорог в отечественных условиях.

1. Введение

Первое программное обеспечение для инженеров-проектировщиков автомобильных дорог появилось в мире (и одновременно в Советском Союзе) в 1960-х годах как инструмент расчёта трасс и продольных профилей [1]. В силу ограниченности возможностей компьютеров в те времена долгое время эти программы имели весьма ограниченный функционал и применялись в основном в научных и вузовских кругах.

Ситуация существенно поменялась в 1980-х годах, когда появились персональные компьютеры, к которым имели доступ широкий круг инженеров. В это время стали появляться программные системы для геометрического проектирования дорог. Именно этот класс программ получил название «системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог (САПР АД)» [1–3]. Методологически эти программы дожили до наших дней практически в неизменном виде. Исходными данными по-прежнему является модель рельефа, а инженер создаёт дорогу в классических терминах «тангенциальный ход оси дороги», «профиль», «поперечник». Результатом работы САПР АД обычно являлся набор текстовых и графических чертежей, дорабатываемых позже в той или иной графической системе, например в AutoCAD.

В дальнейшем были созданы многочисленные программы для автоматизации расчётов и проектирования отдельных негеометрических элементов дорог, например, мостов, водопропускных труб, дорожных одежд, дорожных знаков, моделирования транспортных потоков, оценки воздействия на окружающую среду, подготовки смет и пр. Парадоксально, что, хотя все эти программы предназначены для автоматизации проектирования автомобильных дорог (или

Парадоксально, что, хотя все эти программы предназначены для автоматизации проектирования автомобильных дорог (или её элементов), мало кто из них сейчас входит в состав САПР АД.

её элементов), мало кто из них сейчас входит в состав САПР АД.

Если посмотреть на процесс автоматизации других отраслей, то история развивалась во многом похоже [4].

Например, в машиностроении в 1960-е годы с помощью компьютеров были автоматизированы отдельные виды расчётов, но отсутствие интерактивного графического интерфейса сдерживало развитие до 1980-х. Тогда появились машиностроительные САПР, которые вначале только чертили проекции. Затем появилось геометрическое 3D-моделирование, а затем (заново с учётом опыта 1960-х) — вспомогательные программы для расчётов (прочностных и пр.) и проектирования технологии производства. В качестве архитектурных САПР вначале применялись машиностроительные, однако позже появились специализированные системы, позволявшие проектировать здания в привычных терминах этажей, стен, окон, дверей, а также специализированные программы для проектирования инженерных коммуникаций зданий, экологических и тепловых расчётов.

Важным этапом эволюции машиностроительного и архитектурного автоматизированного проектирования стало появление концепций PLM (англ. product lifecycle management — управ-

ление жизненным циклом продукции) и BIM (англ. building information modeling — информационное моделирование зданий), выдвинувших ряд требований к базовым САПР (параметризация объектов, повторное использование объектов с помощью библиотек, стандартизация форматов обмена данными, управление проектами в течение всего жизненного цикла продукции или здания). Самым важным в PLM и BIM стал перенос акцента с технического проектирования объекта на комплексное управление видоизменяющимся объектом в течение всего его жизненного цикла.

Аналогичные инновационные процессы неизбежно шли со своей спецификой и в дорожном проектировании. Так, большинство объектов в САПР АД уже давно параметризованы, включая проектные поверхности, автоматически создаваемые на основе осей дорог, профилей и поперечников. Вместо «библиотек объектов» в BIM, в САПР АД и смежных продуктах представлены типовые библиотеки поперечников, водопропускных труб, элементов обустройства, материалов дорожной одежды и пр. Постепенно в мире стали появляться новые стандарты для обмена данными [5–7], и возникла концепция управления дорожными данными на всех этапах жизненного цикла на основе интегри-

Самым важным в PLM и BIM стал перенос акцента с технического проектирования объекта на комплексное управление видоизменяющимся объектом в течение всего его жизненного цикла.

рованных технологий ГИС и САПР (концепция «инфраструктуры дорожных данных») [8, 9].

В числе основных приоритетов дальнейшего развития САПР АД разными авторами и компаниями в последние годы назывались:

1. Подготовка модели местности на основе видеосъёмки и лазерного сканирования.
2. Концептуальное (эскизное) проектирование (предпроектные работы).
3. Работа с материалами аэро- и космосъёмки.
4. Работа с большими массивами данных лазерного сканирования.
5. Оценка проектных решений (моделирование транспортных потоков, моделирование коридоров движения автомобилей, оценка безопасности).
6. Автоматизация формирования проектной документации.
7. Коллективная работа и облачные технологии.
8. Интернет-приложения и мобильные устройства.
9. Интеграция с другими системами для проектирования.
10. Интеграция с ГИС-системами для управления в жизненном цикле.
11. Интеллектуализация САПР АД.

Многое из этого уже реализовано в ряде систем, однако множественность целей безусловно не способствовала планомерному сбалансированному развитию САПР АД. И хотя своей единой (всеми принятой) концепции из недр дорожной науки не выросло, благодатная почва для восприятия новых идей была подготовлена.

Похоже, что таковой сейчас становится идея обобщения BIM (изначально заточенной под здания) на инфраструктурные объекты, в т. ч. для проектирования мостов, тоннелей, автомобильных и железных дорог. Тем более, что на уровне общих лозунгов (параметризация, библиотеки моделей, интероперабельность, регламенты взаимодействия) всё выглядит весьма многообещающе.

В настоящей статье мы попробуем разобраться, как концепция BIM повлияла и продолжает влиять на развитие САПР АД — сиюминутно и в перспективе.

В статье под термином BIM мы будем подразумевать в основном «информационное моделирование для зданий», а под термином ИМД — «информационное моделирование автомобильных дорог» как часть концепции BIM для инфраструктуры (англ. BIM for infrastructure).

2. «BIM-совместимость» как массовое помешательство

Считается, что истоки концепции BIM уходят к 1975 году, когда в научный оборот был введён термин Building Description System (система описания зданий). Первой коммерческой реализацией BIM можно считать концепцию Virtual Building, реализованную компанией

Graphisoft в своём продукте ArchiCAD, выпущенном в 1987 году. Примерно с 2002 года уже сам термин Building Information Model начал широко применяться многими ведущими разработчиками программного обеспечения.

Важным фактором, простимулировавшим широкую поддержку BIM в программных продуктах, стало создание консорциумом buildingSMART модели данных Industry Foundation Classes (IFC) и её последующая стандартизация в виде ISO 16739.

В настоящее время на рынке концепцию BIM (для зданий) в том или ином виде реализуют продукты ArchiCAD (Graphisoft, Венгрия), Revit (Autodesk, США), Allplan Architecture (Nemetschek, Германия), Vectorworks (Nemetschek, Германия), VisualARQ (Asuni CAD S.A., Испания), Bentley Building Mechanical Systems (Bentley Systems, США), DDS-CAD (Data Design System, Норвегия), Digital Project (Gehry Technologies, США) и многие другие.

Таким образом, от возникновения идеи BIM до массовой реализации (примерно после 2005 года) прошло более 30 лет.

Воодушевлённые успехом BIM для зданий, в последние два года почти все производители программного обеспечения для проектирования автомобильных дорог массово изменили концепцию позиционирования своей продукции на рынке. Теперь они предлагают не САПР АД, а «BIM-решения». Или, по крайней мере, они просто предлагают свои давно существующие САПР АД как «BIM-совместимые», не поясняя, что они имеют в виду.

Сейчас это стало похоже на массовое помешательство. Процесс присвоения себе титула «BIM-совместимости» вышел из-под контроля. BIM в сфере строительства зданий имеет чёткие критерии: для программного обеспечения работает механизм строгой сертификации под эгидой консорциума buildingSMART, а на государственном уровне в ряде стран поддерживается механизм сертификации проектных организаций на соответствие принципам информационного моделирования в своей деятельности (например, в США это называется оценкой уровня зрелости организации). Абсолютно иная картина в сфере BIM для инфраструктуры. В настоящее время на площадке консорциума buildingSMART только ведутся работы по выработке единых моделей для инфраструктуры. В 2015 году был завершён только первый проект по стандартизации пространственных осей автомобильных дорог IFC Alignment, официально утверждённый 12 августа 2015 года как IFC 4x1. Оптимистично можно сказать, что полноценный комплект стандартов на информационные модели дорог появится только через несколько лет.

Тем не менее, термины «BIM-совместимость» и «BIM-решение» уже есть и, несмотря на их приянность, необходимо с ними работать.

3. Текущие фантомные цели САПР АД в контексте BIM

Заметим, что если САПР АД изначально решает задачу автоматизации проектирования дороги, то концепция BIM направлена на управление процессом проектирования, строительства и эксплуатации в контексте жизненного цикла. Поэтому от «BIM-совместимой» САПР АД, работающей в составе «BIM-решения», требуются новые «навыки».

Оценка проектных процессов в подрядных организациях, проектирующих здания, в настоящее время в мире выполняется в соответствии с концепцией «уровня зрелости BIM» (англ. BIM maturity level) [10]. Существует множество таких концепций, часть из которых входят в состав стандартов ряда стран: I-CMM в составе National Building Information (Succar, 2007), BIM Competency Index (Succar, 2013), BIM Maturity Matrix (Succar, 2010), BIM Proficiency Matrix IU (2009), BIM QuickScan (Van Berlo и др., 2012), VDC Scorecard и bimSCORE (Kam и др., 2013), Owner Maturity Matrix CIC (2012), Owner's BIMCAT (Giel и Issa, 2013). Не вдаваясь в детали, кратко рассмотрим наиболее популярный стандарт оценки зрелости I-CMM, используемый в США.

Так, стандарт NBIMS в части I-CMM вводит следующие 11 критериев (категорий) экспертных оценок, по каждой из которых ставятся оценки по 10-бальной шкале, которые затем складываются в соответствии с некоторыми весами, формируя итоговую оценку до 100 баллов:

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

B. Life-cycle Views (Вид жизненного цикла). Характеризует, насколько много этапов жизненного цикла покрывается BIM-системой от проектирования до эксплуатации.

C. Roles Or Disciplines (Должностные обязанности). Роли (должностные обязанности) определяют, каким образом люди вовлечены в бизнес-процессы и как передаётся информация. В идеале все сотрудники, выполнившие какие-то работы,

должны от своего имени самостоятельно занести сведения в единую базу данных.

D. Управление изменениями (Change Management). Управление изменениями — это методология для анализа и изменения бизнес-процессов, принятых в организации. Если в результате применения этой методологии обнаруживается, что бизнес-процесс некорректен, возникает необходимость проведения «анализа корневых причин» проблемы, а затем бизнес-процесс перестраивается на основе этого анализа. После перестройки необходимо проведение анализа проведённых изменений. В идеале все сотрудники организации должны регулярно рефлексировать с реакцией не более 48 часов.

E. Business process (Бизнес-процесс). Определяет, как увязаны бизнес-процессы с обработкой данных. Если данные собираются в рамках бизнес-процесса, то на сбор данных не требуется дополнительных затрат. Если сбор данных является отдельным процессом, то помимо дополнительных затрат данные будут, скорее всего, неточными. В идеале работа с BIM-данными должна стать частью бизнес-процесса, а изменение данных должно немедленно отражаться для остальных пользователей. Если ведутся полевые работы, то должна быть постоянная связь с офисом.

F. Timeliness/Response (Время выполнения запросов). В то время как часть информации является отчасти статической, другая часть может постоянно меняться, и минимальные задержки с её поступлением могут оказаться критическими. Данный критерий оценивает скорость предоставления информации по запросам. В идеале должны исчезнуть бумажные архивы, существующие дороги должны быть снабжены большим количеством телеметрических датчиков.

G. Delivery Method (Метод доступа). Данный критерий позволяет оценить, насколько просто (но безопасно) получить доступ к данным. Идеальные условия для доступа к данным должны быть предоставлены на различных вычислительных устройствах в сетевой среде в архитектуре SOA (Service-Oriented Architecture). Кроме того, должна быть обеспечена необходимая безопасность доступа

к данным с помощью персональных карт доступа к BIM-системе.

H. Графическая информация (Graphical Information). Данный критерий оценивает эффективность представления графической информации в виде чертежей. В идеале вместо чертежей должны быть базы данных с 3D-объектами, предоставляющие доступ к состоянию объекта в прошлом и проектируемому будущему. Кроме того, должна быть информация о времени, стоимости и иных сведениях.

I. Пространственные возможности (Spatial Capability). Данный критерий оценивает возможности по интеграции с геоинформационными системами, что открывает для BIM-среды возможности по комплексной оценке зданий и сооружений в контексте обеспеченности инженерными коммуникациями, охраны окружающей среды, энергоэффективности и пр. В действительности здание просто должно иметь координатную привязку на местности и иметь корректные габариты.

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

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

Очевидно, что за рубежом вышеперечисленные критерии последние годы существенно влияли на развитие САПР (как зданий, так и дорог) как элементов BIM. Ведь для успешного прохождения проектной организацией сертификации на требуемый уровень зрелости BIM-технологии в организации достаточно продемонстрировать не плохо формализуемое высокое качество получаемых проектных решений, а умение работать в соответствии с приведёнными 11 критериями [10].

Именно поэтому в списках функций зарубежных САПР АД мы видим «BIM-совместимые» умения: работать в цепочке других программ в течение жизненного цикла, работать

в облаке (хранить данные), поддерживать IFC и иметь параметрическую модель.

Остаётся надеяться, что в ближайшее время все САПР АД достигнут максимумов в гонке за критериями зрелости и вернутся к более глубокому осмыслению базовых, ещё неформализованных принципов информационного моделирования.

4. Элементы технологий BIM

Так всё-таки, что такое BIM, в частности, BIM для инфраструктуры? Какие элементы являются самыми главными, чтобы считать программную систему BIM-системой? И какое место здесь занимают САПР АД? Многие ответы уже сформулированы в существующих национальных и международных нормативных документах по BIM, часть ответов можно получить, изучив документы работы различных международных организаций.

В настоящее время основная масса национальных и международных стандартов в сфере BIM базируется на опыте международного консорциума buildingSMART и Великобритании (закреплённого в виде семейства стандартов PAS/BS 1192), поэтому рассмотрение элементов BIM целесообразно произвести на их примере.

4.1. Среда общих данных

В стандарте BS 1192:2007 [11] были введены самые базовые требования, обеспечивающие работу в концепции BIM. В основном они касались организации коллективной работы. В стандарте PAS 1192-2:2013 [12] эти требования были детализированы для стадии проектирования, а в PAS 1192-3:2014 [13] — для стадии эксплуатации.

Для этого было введено понятие среды общих данных (СОД, англ. Common data environment), которая должна состоять из 4 разделов (рабочего, общего, публичного и архивного), а помещаемые в них папки, файлы и слои чертежей должны удовлетворять определённым правилам именования.

Одной из важных тенденций последних лет стало появление инструментов для совместного просмотра и рецензирования подготовленных проектных решений и документации с помощью интернет-среды. Таким способом заказчик может взаимодей-

ствовать с подрядчиком, предоставляющим для рецензирования свои проектные решения в публичном разделе СОД.

BIM-элемент № 1. Среда общих данных.

BIM-элемент № 2. Совместный просмотр и рецензирование.

4.2. Жизненный цикл

В стандарте PAS 1192-2:2013 [12] было введено понятие жизненного цикла в контексте BIM. Ключевой особенностью этого цикла, состоящего из 8 управленческих этапов, было детальное рассмотрение состава информационных моделей, переходящих между этапами, а также введения управленческого понятия «точек принятия решений» (между некоторыми этапами).

Важным дальнейшим развитием концепции жизненного цикла стало введение понятия «уровень проработки моделей» (УПД, англ. level of development, LOD), с помощью которого упорядочивались требования к информационным моделям, передаваемым между разными этапами жизненного цикла. Так, наиболее популярная спецификация уровней проработки представлена в [14].

Детальное рассмотрение жизненного цикла и его адаптации под требования автомобильных дорог в контексте отечественной нормативной базы было проведено в работе [15], а уровней проработки моделей для автомобильных дорог — в [16].

В свою очередь для управления процессом реализации проектов в соответствии с данной концепцией жизненного цикла Американским институтом архитекторов разработана организационно-управленческая схема [17].

BIM-элемент № 3. Организация жизненного цикла.

BIM-элемент № 4. Уровни проработки моделей.

BIM-элемент № 5. Управление проектами.

4.3. Открытые форматы обмена данными

Важнейшим элементом организации совместной работы над проектами и залогом долговременной сохранности информации в течение всего жизненного цикла является применение

открытых стандартов, обеспечивающих полноценный обмен данными.

Центральным форматом данных в области информационного моделирования для зданий является формат IFC (Industry Foundation Classes), созданный и развивающийся консорциумом buildingSMART. Версия IFC 2x3 этого стандарта для зданий закреплена в международном стандарте ISO 16739:2013 и аналогично в BS 1192-4:2014 [18]. В стандарте введены основные типы объектов, используемые при проектировании зданий, а также регламентированы их связи и атрибуты. Именно использование стандартных параметризованных объектов, а не их чертежей, принципиально отличает стандарт IFC от более ранних САПР-стандартов.

Для нужд автомобильных дорог возможностей стандарта IFC 2x3 недостаточно, поэтому с 2013 года в консорциуме buildingSMART активно ведутся работы по развитию стандарта IFC с целью его адаптации для инфраструктурных объектов (автомобильных и железных дорог, мостов и тоннелей). Первым результатом стало утверждение 12 августа 2015 года стандарта IFC 4x1, в который было введено понятие Alignment (плановая трасса, продольный профиль и произвольная трёхмерная ось). Тем не менее, стандарт IFC ещё не скоро сможет охватить все потребности автомобильных дорог, поэтому на текущий момент целесообразно использовать многообразие других открытых стандартов.

Ещё одной важной составляющей концепции BIM стало широкое появление библиотек типовых объектов, создаваемых производителями изделий. В настоящее время такие библиотеки для зданий охватили практически всю номенклатуру строительных изделий, инженерной инфраструктуры зданий, элементов обустройства и дизайна. Аналогичная работа в сфере автомобильных дорог по созданию стандартных библиотек объектов инженерного обустройства, библиотек материалов дорожной одежды [19] безусловно упростит процессы проектирования.

BIM-элемент № 6. Параметризованные модели данных.

BIM-элемент № 7. Открытые форматы обмена данными.

BIM-элемент № 8. Библиотеки объектов и материалов.

4.4. Многомерные данные

Концепция BIM декларирует бесшовное управление данными в течение всего жизненного цикла. Для демонстрации такой всеядности обычно используется метафора «многомерности» BIM-данных от 4D до 7D и больше (на самом деле это не настоящая размерность привычного евклидова пространства, а просто некая «грань», «особенность» реального мира).

Наиболее часто в BIM (для зданий) используется такие метафоры:

«2D — Чертежи и карты»: Плоские ГИС-модели, кадастр недвижимости.

«3D — Модели»: Явные (твёрдотельные в случае зданий и сооружений) или неявные (в виде плана трассы и профилей в случае автомобильных дорог) модели объектов.

«4D — Время»: План реализации проекта, календарный график работ, контроль реализации проекта (строительства).

«5D — Смета»: Ведомости потребности трудовых ресурсов, механизмов, материалов, сметы, логистика поставок.

«6D — Устойчивость»: Оценка энергоэффективности, воздействия на окружающую среду, контроль коллизий при проектировании разнородных инженерных объектов и сетей, оценка устойчивости функционирования (прочностные и усталостные расчёты). В контексте автомобильных дорог в этот раздел целесообразно добавить моделирование транспортных потоков, проектирование организации дорожного движения и средств интеллектуальных транспортных систем.

«7D — Эксплуатация»: Исполнительная модель объекта, проект содержания, эксплуатация инженерных сетей, архив работ и событий.

BIM-элемент № 9. 4D — План реализации проекта.

BIM-элемент № 10. 5D — Ведомости и сметы.

BIM-элемент № 11. 6D — Оценка проектных решений.

BIM-элемент № 12. 7D — Эксплуатация (ГИС-модели для автомобильных дорог).

5. Элементы технологии ИМД

На декларативном уровне элементы BIM-технологии (для зданий), представленные в предыдущем разделе,

Именно поэтому необходимо вернуться на твёрдую землю и, не дискредитируя серьёзную концепцию информационного моделирования, сформулировать критерии сравнения и направления развития этих технологий с учётом богатого опыта отечественной науки и существующего огромного задела в сфере информационного моделирования автомобильных дорог.

безусловно, приемлемы для управления проектами в сфере автомобильных дорог. Однако, в настоящее время отсутствуют необходимые стандарты для обмена данными об автомобильных дорогах, а как следствие, отсутствует стандартная параметризация, стандартные библиотеки объектов и материалов, схемы организации общей среды данных и пр.

На уровне программных решений отдельных компаний и, используя нестандартные форматы файлов, уже сейчас можно продемонстрировать работоспособность и эффективность концепции ИМД (BIM для автомобильных дорог). На российском рынке такими поставщиками всеобъемлющих BIM-решений для инфраструктуры себя позиционируют Autodesk и Bentley. Они безусловно имеют огромный опыт информационного моделирования зданий, но в сфере ИМД они лукавят. Особенно это становится заметно, когда речь заходит о специфических отечественных стандартах, моделях местности, географии, библиотеках дорожных материалов, проектировании дорожных знаков, о формировании чертежей, ведомостей, оценке проектных решений и эксплуатации.

Именно в этих сферах весьма сильны отечественные продукты, и можно смело заявить, что линейки отечественных продуктов САПР и ГИС автомобильных дорог ничуть не хуже закрывают потребности информационного моделирования на всех стадиях жизненного цикла от проектирования до эксплуатации.

В таблице 1 приведено сравнение возможностей отечественных продуктов в сравнении с продукцией компаний Autodesk и Bentley, заявляющих о полном решении, закрывающем потребности дорожников в течение всего жизненного цикла. Ничего подобного. По сути, кроме геометрического проектирования и универсальных проч-

ностных расчётов, у западных коллег ничего нет. За кадром остаются такие крупные блоки, как подготовка геологических моделей (по отечественным нормативам), расчёты дорожных одежд, проектирование типовых искусственных сооружений (труб и малых мостов), проектирование ПОС и ППР, подготовка смет, а также все технологические процессы в рамках эксплуатации (паспортизация, диагностика, ПОДД, содержание, проектирование ремонтов).

Для того чтобы продемонстрировать выигрешность своих позиций, западные маркетологи часто подменяют потребности в автоматизации технологических процессов в дорожной отрасли наличием BIM-элементов, приведённых в предыдущем разделе. В таблице 2 представлено сравнение отечественных технологий с продукцией компаний Autodesk и Bentley в разрезе приведённых в предыдущем разделе 12 BIM-элементов.

Например, в этом случае отсутствие расчётов дорожных одежд из 11-го BIM-элемента (раздел 6D) одним махом компенсируется наличием прочностных расчётов мостов (тоже раздел 6D). И «плюсик» поставлен!

В итоге мы начинаем сравнивать программные продукты не по реальному вкладу в автоматизацию работы по проектированию или эксплуатации, а по количеству «фишек», придуманных специалистами по продаже.

Именно поэтому необходимо вернуться на твёрдую землю и, не дискредитируя серьёзную концепцию информационного моделирования, сформулировать критерии сравнения и направления развития этих технологий с учётом богатого опыта отечественной науки и существующего огромного задела в сфере информационного моделирования автомобильных дорог.

Таблица 1. Обеспечение концепции ИМД различными технологиями в разрезе жизненного цикла и отдельных технологических процессов

СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	AUTODESK	BENTLEY
1. Концептуальное проектирование	IndorGIS	Infracore	–
2. Планировка территории	CREDO ГЕНПЛАН, IndorCAD/Site	Civil 3D	Power Civil
3. Инженерные изыскания (геология и геодезия)	CREDO_DAT, CREDO ГЕОЛОГИЯ, IndorSurvey, IndorCloud	Geotechnical module (геология)	PowerSurvey, gINT, GeoStructural Analysis
4. Геометрическое проектирование (стадии «П» и «Р»)	IndorCAD/Road, CREDO Автомобильные дороги, Robur — Автомобильные дороги	Civil 3D	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK
5. Проектирование (дорожные одежды, ПОС, ППР, сметы)	IndorPavement, CREDO РАДОН, Robur — Дорожные одежды, IndorCAD/Road, Гранд-Смета, ABC, Госстройсмета	–	–
6. Подготовка чертежей	IndorDraw, nanoCAD	AutoCAD	Microstation
7. Эксплуатация (ГИС)	IndorRoad, Титул-2005	–	–
8. Реализация проектов	IndorRoad	Navisworks	ProjectWise with ConstructSim
9. Проектирование организации дорожного движения	CREDO Дислокация, Титул-2005, Road Office, IndorRoad	–	–
10. Паспортизация и диагностика	IndorRoad, Титул-2005, СВГД	–	–
11. Проектирование мостов	ЛИРА, SCAD, АИС ИСО	Revit	RM Bridge
12. Эксплуатация мостов	АИС ИСО	–	AssetWise
13. Проектирование типовых труб	IndorCulvert, Robur — Искусственные сооружения, CREDO Трубы, ЛИРА, SCAD	–	–
14. Эксплуатация труб	IndorRoad	–	–

Таблица 2. Обеспечение концепции ИМД различными технологиями в разрезе BIM-элементов

ЭЛЕМЕНТЫ ИМД	ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	AUTODESK	BENTLEY
1. Среда общих данных	CREDO Автомобильные дороги (при проектировании), IndorRoad (при эксплуатации)	Revit	ProjectWise
2. Совместный просмотр и рецензирование	CREDO (при проектировании)	A360, DesignReview	ProjectWise
3. Организация жизненного цикла	IndorCAD + IndorRoad	–	ProjectWise + AssetWise
4. Уровни проработки моделей	–	–	–
5. Управление проектами	–	Revit	ProjectWise
6. Параметризованные модели данных	IndorCAD, CREDO, Robur	Civil 3D	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK, RM Bridge
7. Открытые форматы обмена данными	+	+	+
8. Библиотеки объектов и материалов	IndorCAD, IndorPavement, IndorCulvert, CREDO	Revit	RM Bridge
9. 4D — План реализации проекта	IndorCAD/Road, IndorRoad	NavisWorks	ProjectWise with ConstructSim
10. 5D — Ведомости и сметы	IndorCAD/Road, CREDO Автомобильные дороги, Robur — Автомобильные дороги	Civil 3D	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK, RM Bridge
11. 6D — Оценка проектных решений	IndorCAD/Road, CREDO Автомобильные дороги, Robur — Автомобильные дороги	Civil 3D, Revit	OpenRoads, InRoads, MXRoad, Power Civil, GEOPAK, RM Bridge
12. 7D — Эксплуатация	IndorRoad	–	AssetWise

6. Заключение

В заключение хотелось бы сформулировать в виде плана основные направления и задачи развития информационного моделирования автомобильных дорог в отечественных условиях. Последовательная реализация такого плана способна дать кумулятивный эффект развития не просто информационного моделирования, но и всей дорожной отрасли:

1. **Наука:** Совершенствование концепций проектирования и эксплуатации с учётом требований информационных технологий.
 - 1.1. Переработка научных теорий с учётом требований 5-го экономического уклада [20].
 - 1.2. Разработка теории концептуального (вариантного, эскизного) проектирования [21].
 - 1.3. Совершенствование теории моделирования транспортных потоков.
 - 1.4. Совершенствование методов оценки проектных решений с учётом возможностей 3-мерного моделирования [22].
 - 1.5. Определение места ГИС в паспортизации и диагностике.
2. **ИТ:** Разработка информационных моделей автомобильных дорог и их элементов.
 - 2.1. Адаптация международных стандартов на дороги, мосты, тоннели [23, 24].
 - 2.2. Разработка отечественных стандартов в сферах, не затрагиваемых международным нормотворчеством (геология, дорожные одежды, содержание, диагностика, ...) [20].
3. **ПО:** Внедрение концепций и моделей в программное обеспечение.
 - 3.1. Создание консорциума отечественных производителей ПО для координации работ.
 - 3.2. Взаимное признание форматов обмена данными, используемых де-факто.
 - 3.3. Разработка новых форматов под эгидой консорциума.
4. **Апробация:** Апробация технологий на пилотных объектах по заказу государства.
 - 4.1. Апробация технологий проектирования [25].
 - 4.2. Апробация технологий строительства [26].
 - 4.3. Апробация технологий эксплуатации [8].
5. **Практика:** Создание инфраструктуры дорожных данных.
 - 5.1. Создание единого координатного пространства на всей сети дорог [27].
 - 5.2. Создание единого адресного плана всей сети дорог [7].
 - 5.3. Создание единой базы данных ГИС по сети автомобильных дорог [5, 28].
6. **Нормотворчество:** Создание технического подкомитета по ИТ комитета 418, международное сотрудничество.
 - 6.1. Плановая переработка существующей нормативной базы по требованиям 5-го и 6-го экономических укладов [20].
 - 6.2. Введение в нормативную базу информационных моделей.
 - 6.3. Разработка системы сертификации организаций, работающих в концепции ИМД [10].
 - 6.4. Принятие ряда международных стандартов в статусе ГОСТ ИСО.
 - 6.5. Вхождение представителя от РФ в состав международного консорциума buildingSMART [29].
7. **Образование:** Введение обязательных курсов по САПР, ГИС и ИМД.
 - 7.1. Обучение в вузах.
 - 7.2. Курсы повышения квалификации.

Последовательная реализация такого плана способна дать кумулятивный эффект развития не просто информационного моделирования автомобильных дорог, но и всей дорожной отрасли.

В последние годы дорожная отрасль познакомилась с информационным моделированием. Первоначальное «очарование» у многих сменилось «разочарованием». Красивые концепции оказались не полностью поддержаны программным обеспечением. Но по мере совершенствования технологий эпоха «идеализма» неизбежно сменится «прагматизмом». И, как видится, отечественная дорожная наука и наши (российские, белорусские, украинские) производители про-

граммного обеспечения готовы достойно ответить на вызов времени. ■

Литература:

1. Бойков В.Н., Поспелов П.И., Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. М.: Академия, 2015. 256 с.
2. Бойков В.Н. IT-технологии в поддержке жизненного цикла дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 1,6–7. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.1.

3. Бойков В.Н. САПР автодорог — перспективы развития // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 6–9. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.1.
4. Скворцов А.В. BIM для дорожной отрасли: что-то новое или мы этим уже занимаемся? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 8–11. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.2.
5. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Создание инфраструктуры дорожных данных Российской Федерации RusRoads // Пространственные данные. 2009. № 3. С. 67–71.
6. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Базовая модель дорожных данных в проекте ГОСТ // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 98–102. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.16.
7. Скворцов А.В. Адресный план автомобильной дороги // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 47–54. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.10.
8. Скворцов А.В., Поспелов П.И., Бойков В.Н., Крысин С.П. Геоинформационные системы в дорожном хозяйстве: Справочная энциклопедия дорожника (СЭД). Т. VI. М.: ФГУП «Информавтор», 2006. 372 с.
9. Скворцов А.В., Поспелов П.И., Котов А.А. Геоинформатика в дорожной отрасли. М.: МАДИ (ГТУ), 2005. 250 с.
10. Скворцов А.В. BIM автомобильных дорог: оценка зрелости технологии // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 12–21. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.3.
11. BS 1192:2007. Collaborative production of architectural, engineering and construction information — Code of practice. 2007. 38 p.
12. PAS 1192-2:2013 (Incorporating Corrigendum No. 1). Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling. 2013. 68 p.
13. 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.
14. Level of Development Specification. Vimforum, 2015. 160 p.
15. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1.
16. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4.
17. E203–2013 Building Information Modeling and Digital Data Exhibit. The American Institute of Architects, 2013. 7 p.
18. BS 1192-4:2014. Collaborative production of information. Part 4: Fulfilling employers information exchange requirements using COBie — Code of practice (Draft). 2014. 45 p.
19. Рукавишникова Е.Е. Расчёт жёстких дорожных одежд с помощью IndorPavement // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 114–118. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.17.
20. Скворцов А.В. Нормативно-техническое обеспечение BIM автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 22–32. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.4.
21. Князюк Е.М. Обзор возможностей систем эскизного проектирования автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 59–67. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.10.
22. Бойков В.Н., Мирза Н.С., Петренко Д.А., Скворцов А.В. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16.
23. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2.
24. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
25. Бойков В.Н., Неретин А.А., Скворцов А.В. Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.5.
26. Гулин В.Н. Цифровые модели для систем управления дорожно-строительными машинами // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 56–59. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.6.
27. Гулин В.Н., Миронов С.А. Обеспечение единого координатного пространства: привязка к государственной системе высот // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 48–53. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.8.
28. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Разработка инфраструктуры дорожных данных // Дорожная держава. 2009. № 22. С. 29–31.
29. Официальный сайт международной организации buildingSMART. URL: <http://www.buildingsmart.org> (дата обращения: 28.05.2015).