ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 625.72:004
EDN: NSDOQX

ИНФРАТИМ КАК ИННОВАЦИОНЫЙ БАЗИС ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДОРОГ

Владимир Николаевич Бойков[1]✉
Алексей Владимирович Скворцов[2]

[1]Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)
[2]Томский государственный университет (ТГУ)
[1]boykovvn@mail.ru✉
[2]skv@indorsoft.ru

***Аннотация**: В статье представлен обзор влияния технологии информационного моделирования (ИнфраТИМ) на цифровую трансформацию дорожного хозяйства в контексте организации жизненного цикла автомобильных дорог. Осуществлен анализ каждой стадии жизненного цикла (проектирование, строительство, эксплуатация) с позиции общей методологии ИнфраТИМ и готовности отечественного ПО обеспечивать реализацию процессов информационного моделирования дорог на протяжении всего жизненного цикла. Дана оценка применимости технологий ТИМ и ГИС на стадии эксплуатации автомобильных дорог.*

***Ключевые слова:** цифровая трансформация, искусственный интеллект, информационное моделирование, информационная модель, геоинформационные системы, высокоточная опорная геодезическая сеть, объекты транспортной инфраструктуры, автомобильная дорога.*

Для цитирования: **Бойков В.Н., Скворцов А.В.** ИнфраТИМ как инновационный базис поддержки жизненного цикла дорог // Дороги и мосты. 2024. № 52/2. С. 77-92.

ECONOMICS AND MANAGEMENT IN THE ROAD SECTOR

Original article

INFRABIM AS THE BASIS OF DIGITAL TRANSFORMATION IN THE ROAD SECTOR

Vladimir N. Boykov[1]✉
Alexey V. Skvortsov[2]

[1]Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI)
[2]Tomsk State University (TSU)
[1]boykovvn@mail.ru✉
[2]skv@indorsoft.ru

Abstract: *The article provides an overview of the impact of information modeling technology (InfraBIM) on road life cycle. The analysis of each stage of the life cycle (design, construction, operation) has been carried out from the perspective of the general methodology of InfraBIM and the readiness of domestic software to ensure the implementation of road information modeling processes throughout the entire life cycle. The assessment of the applicability of BIM and GIS technologies at the stage of operation of roads is given.*

Keywords: *digital transformation, artificial intelligence, information modeling, information model, geoinformation systems, high-precision geodetic reference network, transport infrastructure facilities, road.*

For citation: Boykov V.N., Skvortsov A.V. InfraBIM as the basis of digital transformation in the road sector // Roads and Bridges. 2024; (52/2): 77-92 (In Russ.).

«Кораблю, который не знает куда плыть,
ни один ветер не будет попутным»
(Л.А. Сенека)

Дорожное хозяйство страны, в части реализации идей цифровой трансформации, работает по планам Минтранса и Минстроя РФ **[1, 2]**. Анализ этих планов показывает, что к числу ключевых цифровых технологий, с которыми связывают надежды на качественные изменения в процессах проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, относятся технологии информационного моделирования (ТИМ) и искусственного интеллекта (ИИ).

ИИ – это синтезация достижений математики, биологии, психологии и компьютерных наук, направленная на создание функционала рационального познания по образу человеческого. Горизонты ИИ еще далеко не изучены, но то, что это уже востребовано во всех сферах человеческой деятельности, становится совершенно очевидным. Экспериментальная и даже практическая апробация возможностей ИИ реализуется в компьютерных программах, в том числе и для решения задач дорожной отрасли. Этому вопросу будет посвящена отдельная статья. Далее речь идет только о ТИМ с позиции поддержки методологии информационного моделирования в процессе жизненного цикла автомобильных дорог.

Первоначально ТИМ была разработана для объектов промышленного и гражданского строительства (ПГС). Простой перенос этой технологии на объекты транспортной инфраструктуры (ОТИ – автомобильные и железные дороги, мосты, тоннели, аэродромы и др.) оказался не продуктивным. Слишком много особенностей возникает в жизненном цикле ОТИ по сравнению с ПГС. В последние годы эти особенности стали признаваться и учитываться, так же, как и пришло понимание, что ТИМ ОТИ имеет свою, частично обособленную, ветвь развития, которую, как и во всем мире, принято называть InfraBIM/ИнфраТИМ **[3]**.

На каждой стадии жизненного цикла автомобильных дорог решаются свои задачи ИнфраТИМ. Главная задача стадии проектирования – это, собственно, создать информационную модель будущей дороги. В настоящее время мы имеем доступ только к отечественному ПО и, в связи с этим возникает вопрос, а обладает ли оно необходимым функционалом для формирования полноценной модели дороги? Ответ – нет. Если для дорожных сегментов дороги

(когда дорога проложена по земной поверхности) отечественное ПО есть и очень даже конкурентноспособное на международном уровне (**рис. 1**), то для мостовых сегментов (когда дорожное покрытие для движения автомобилей укладывается не на земляное полотно, а на пролетные строения, а те, в свою очередь, устанавливаются над землей на опорах) отечественное ПО отсутствует. Но модели для мостовых сооружений как-то же создаются? Да. Существуют два варианта. Или с помощью зарубежного ПО (Revit, Tekla, Allplan Bridge) (**рис. 2**), или на отечественном ПО (чаще всего Платформа nanoCAD) создаются чертежи (проекции) моста, которые собираются в модель самыми различными способами. Первый вариант, очевидно, сходит на нет, поскольку действия лицензий зарубежного ПО носит временной характер. Второй вариант не эффективен, поскольку нарушает базовый принцип ТИМ: «Информационная модель дороги (полученная на каком-либо этапе жизненного цикла) является первичной и эталонной по отношению к чертежам, планам и иным формам производной инженерной документации» **[4]**. И создавать модели из чертежей, это означает работать задом наперед, что следует признать порочной практикой, имеющей отношение к BIM/ТИМ по форме, но не по содержанию.

Вопрос о полноценном отечественном ПО для моделирования мостовых сооружений не может быть решен в кратчайшие сроки ввиду сложности задачи и не может быть решен лишь за счет внутренних инвестиций отечественных вендоров. Необходима грантовая (финансовая) поддержка или государства, или крупных отечественных подрядчиков по проектированию и строительству мостов. Дискуссия по этому вопросу в профессиональных кругах развернута давно, но решения пока не приняты.

Информационная модель дороги создается на стадии проектирования, но основной положительный эффект от ее реализации в виде повышения производительности труда и качества работ должен достигаться на последующих стадиях жизненного цикла дороги: строительство и эксплуатация (**рис. 3**).

В настоящее время уже сложился определенный опыт по пилотной реализации информационных моделей дорог на стадии строительства. Прежде, чем обсуждать этот опыт, остановимся на различиях в понимании информационного моделирования объектов капитального строительства (ОКС), которое существует за рубежом (BIM) и в России (ТИМ).

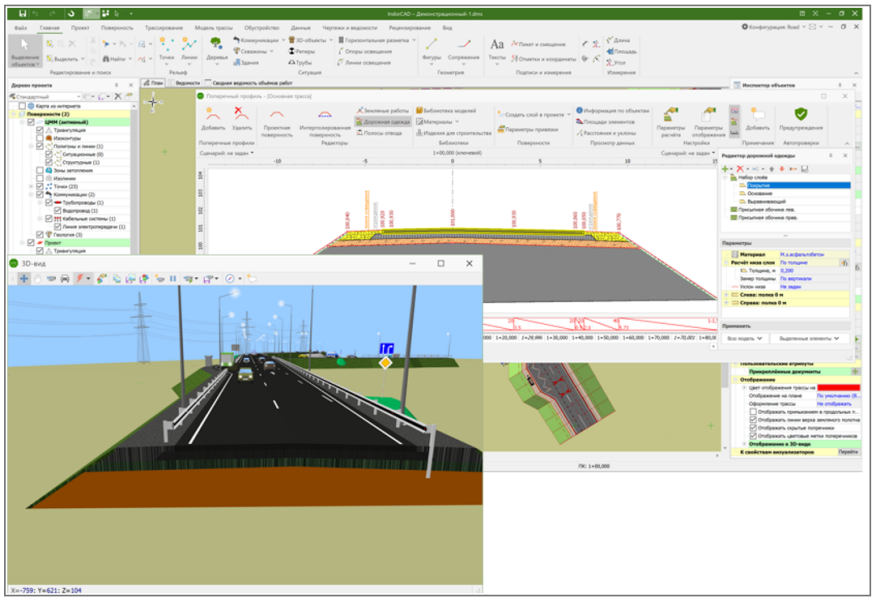

Рис. 1. Информационная модель сегмента дороги в IndorCAD/Road

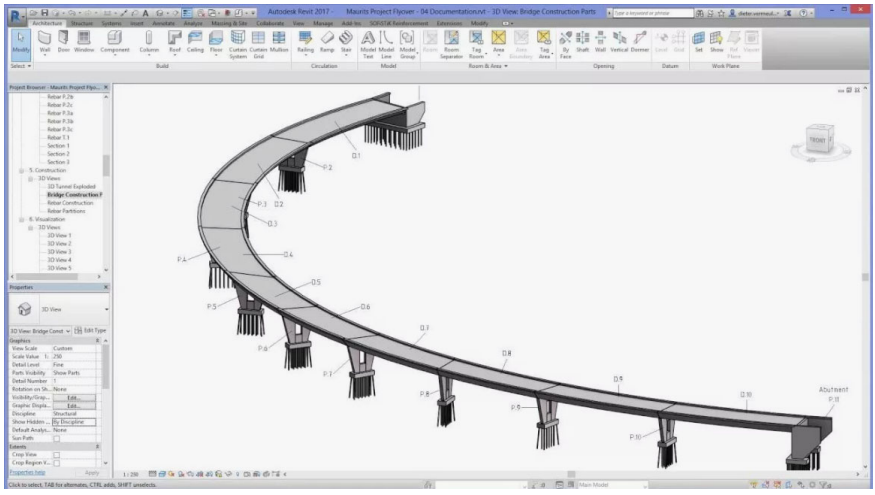

Рис. 2. Информационная модель сегмента моста в Autodesk Revit

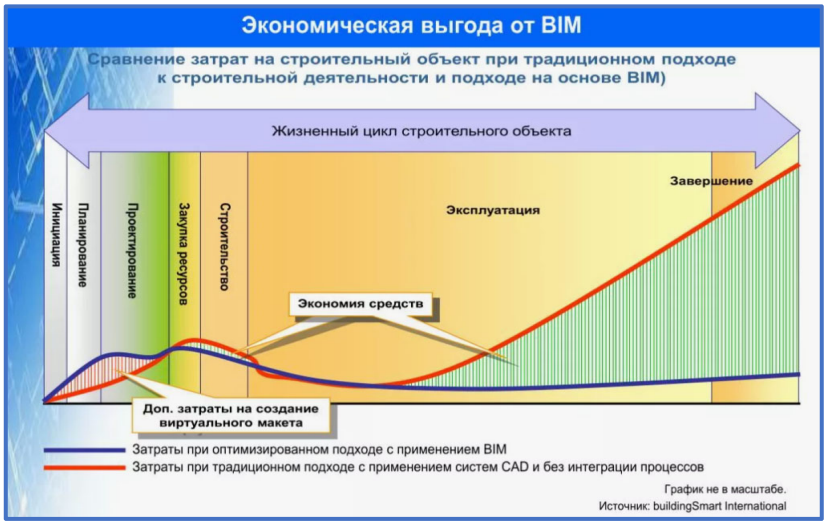

Рис. 3. Затраты на строительный объект. Прогнозные данные Международного Консорциума BuildingSMART

Суть BIM ещё в 1986 г. сформулировал в виде принципов, приведенных ниже, Роберт Эйш (Robert Aish) в статье «Building modelling the key to integrated construction CAD» **[5]**:

- трехмерное моделирование;
- автоматическое получение чертежей;
- интеллектуальная параметризация объектов;
- соответствующие объектам наборы проектных данных;
- распределение процесса строительства по временным этапам и т. д.

Эти принципы и предопределили преимущества информационного моделирования по сравнению с традиционным автоматизированным проектированием. На смену чертежам пришли 3D-объектные информационные модели, которые структурно повторяли физическую сущность будущего объекта.

И, как следствие, под информационной моделью в BIM понимают, что это объектно-ориентированная параметрическая трёхмерная модель, представляющая в цифровом виде физические, функциональные и прочие характеристики объекта капитального строительства.

Суть отечественной ТИМ можно вывести из определения информационной модели, введенного в 2019 г. в

Градостроительный кодекс РФ: «Информационная модель (ИМ) объекта капитального строительства – совокупность взаимосвязанных сведений, документов и материалов об объекте капитального строительства, формируемых в электронном виде на этапах выполнения инженерных изысканий, осуществления архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта, эксплуатации и (или) сноса объекта капитального строительства.».

Если понимать это определение дословно, то информационная модель – это вся проектная документация в электронном виде, дополняемая электронными документами, возникающими на последующих стадиях жизненного цикла объекта. Как бы ничего нового, но в последующих документах Минстрой РФ разъясняет, что в состав ИМ также входит или может входить цифровая информационная модель (ЦИМ), определение которой совпадает с тем, что дается в BIM: ЦИМ – это объектно-ориентированная параметрическая трёхмерная модель и т.д. Есть ли смысл в двойственности понятий: ИМ и ЦИМ? Да, если попытаться это объяснить с позиции интересов к BIM/ТИМ государства и бизнеса (подрядчиков).

Цели ТИМ для государственных органов (заказчики, экспертиза, стройконтроль, ФОИВ): обеспечить максимальную прозрачность и контроль исполнения проектов, в том числе посредством передачи сведений о проектах в государственные информационные системы (ГИСОГД, ЕГРП, ЕГРЗ, СКДФ (дорожное хозяйство) и др.).

Цели ТИМ для подрядчика (проектировщик, строитель, эксплуатационщик): повысить производительность труда и качество продукции, обеспечить конкурентное преимущество, извлечь максимальную прибыль.

Таким образом, становится понятно, что, если цели государства достигаются контролем проектов посредством ИМ, то для реализации целей подрядчика необходима ЦИМ. Временный компромисс найден благодаря решению, что на сегодняшний день присутствие ИМ в проекте является обязательным, а ЦИМ приветствуется и обязательным является лишь в том случае, если в Техническом задании на выполнение проекта заказчиком явно прописаны требования к ЦИМ.

В сответствии с изложенным выше в настоящее время разрабатываются цифровые платформы (экосистемы, комплексы

программных решений) для поддержки ТИМ на стадии строительства ОКС, в том числе дорог, с учетом понятия ИМ или с учетом ИМ и ЦИМ. Ниже приведены 2 примера.

Разработчики Комплекса Клевер (ООО «Интелкон») позиционируют комплекс программных решений как экосистему, поддерживающую весь жизненных цикл линейных объектов капитального строительства. Экосистема «Клевер» состоит из 15 модулей. Комплекс объединяет в едином цифровом интерфейсе заказчика, проектировщика, подрядчика по строительству, строительный контроль, поставщиков ресурсов и др. (**рис. 4**).

Рис. 4. Схема взаимодействия экосистемы Клевер с пользователями

Комплекс находится в стадии разработки и на сегодняшний день из всего многообразия программных решений наибольший интерес вызывает Клевер.СКВЭР – система контроля выполнения этапов работ

Клевер.СКВЭР обеспечивает цифровизацию управления и учета всех видов строительных работ в соответствии с утвержденными контрактными ведомостями, формирует общий архив проектной, рабочей и исполнительной документации по реализуемым проектам (**рис. 5**).

Для Заказчика Клевер.СКВЭР обеспечивает:

– отчеты о ходе выполнения строительства в реальном времени;

– быстрый доступ к проектной и исполнительной документации с привязкой к конкретным работам и сметной документации;
– возможность прозрачного контроля за ходом строительства посредством формирования графиков, учитывающих план/факт выполняемых работ.

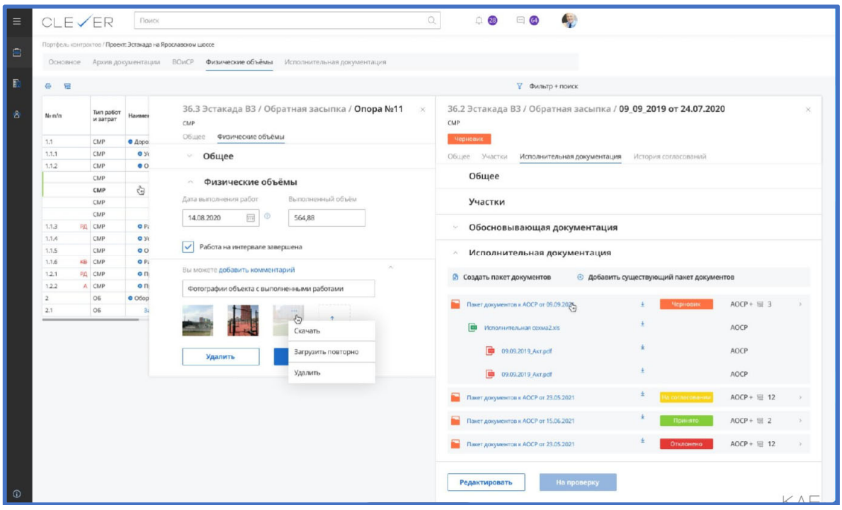

Рис. 5. Общий интерфейс программного решения Клевер.СКВЭР

Для Подрядчика Клевер.СКВЭР создает свои возможности и сервисы, позволяющие:

– экономить время на согласования, благодаря возможности подписания документации УКЭП;
– возможности мониторинга разрыва между выполненными и не оплаченными со стороны заказчика работами;
– автоматически формировать бланки исполнительной документации внутри системы;
– автоматически формировать полный цикл согласования актов выполненных работ (КС2, КС3, КС-6а);
– формировать реестр дополнительных работ.

По инициативе ФДА «Росавтодор» в ФКУ «Волго-Вятскуправтодор» прошла апробация экосистемы Клевер на строительстве обходов Нижнекамска и Набережных Челнов (**рис. 6**).

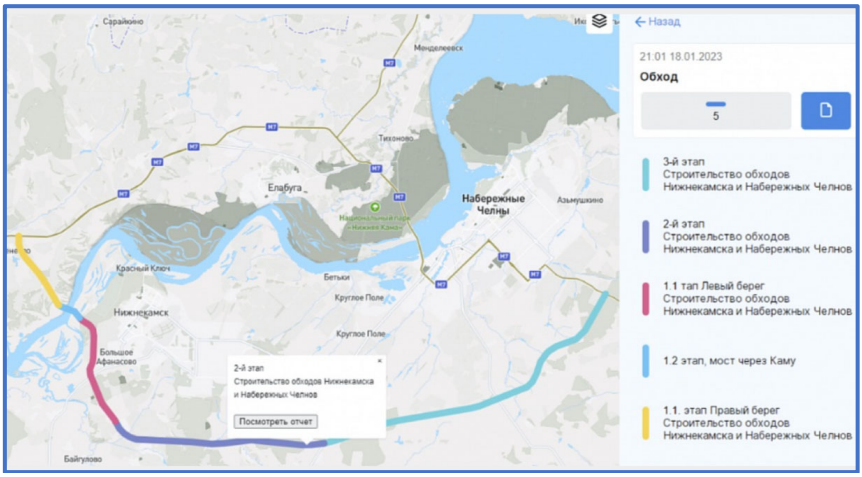

Рис. 6. Схема строительства обходов Нижнекамска и Набережных Челнов

Важным результатом этого пилотного проекта стало достижение прозрачности процесса выполнения и сдачи всех дорожных работ, снижение рисков срыва сроков по контракту. В то же время, следует отметить, что платформа Клевер больше ориентирована на заказчика, чем на подрядчика.

Платформа цифрового управления строительством MStroy разрабатывается компанией «МСтрой», которая, в свою очередь, является дочерним предприятием АО «Мостострой-11» – одного из отечественных лидеров в сфере проектирования и строительства дорог и мостов. Благодаря тому, что разработчики MStroy опираются на накопленные «Мостостроем-11» компетенции в сфере дорожно-мостовых технологий и проектного управления, платформа максимально отвечает запросам подрядчиков по строительству объектов транспортной инфраструктуры в части бюджетирования проектов, прозрачности реализуемых процессов и, в конечном счете, повышения производительности и качества строительства.

Платформа MStroy работает как с ИМ, так и с ЦИМ и состоит из 5 модулей, каждый из которых решает свой перечень задач, возникающих в процессе строительства (**рис. 7**):

– управление строительством;
– управление ресурсами;

– эксплуатация;
– менеджмент и экономика;
– общесистемные модели.

Рис. 7. Схема модулей платформы MStroy

Модуль «Управление строительством» позволяет составлять планы реализации проекта, назначать ресурсы, управлять бюджетом и выполнять анализ всех процессов на строительной площадке. Посредством этого модуля реализуется полный контроль за сроками, поставками, материальными и финансовыми ресурсами, что позволяет своевременно принимать инженерные и управленческие решения, оптимизировать ресурсную базу и снижать сроки реализации проекта. Этому содействуют самые различные средства анализа и визуализации данных, такие, как: дашборд – интерактивная аналитическая панель с графическим интерфейсом, позволяющая отображать необходимые процессные метрики и анализировать тренды выполняемых работ во времени и пространстве; светофор – инструмент план-фактного анализа, который помогает контролировать состояние строительных процессов, выявлять «слабые» места и корректировать графики работ.

В составе этого модуля есть и другие инструменты, относящиеся к проектному управлению, вплоть до подготовки сменных заданий для всех подразделений, участвующих в реализации проекта.

Модуль «Управление ресурсами» включает управление материалами, машинами и механизмами, персоналом и

подрядчиками, привлеченными к реализации проекта. Управление материалами включает расчет потребностей материалов в соответствии с данными проектной документации. В этом модуле уточняется стоимость материалов по проекту и рыночная стоимость на данный момент времени, временной контроль за поставками материалами на строительную площадку и контроль остатков материалов на складах.

Управление машинами и механизмами предполагает наличие единой базы данных дорожно-строительной техники, синхронизацию управление этой техникой с общей системой правления предприятием. Достаточно эффективным представляется сервис по онлайн-контролю за перемещением техники и параметров ее активности на основе ГИС-строительной площадки (**рис. 8**).

Управление персоналом и подрядчиками подразумевает учет рабочего времени и формирование различного рода отчетов, в том числе формирование протоколов рабочих совещаний, передача поручений и контроль за сроками исполнения поручений.

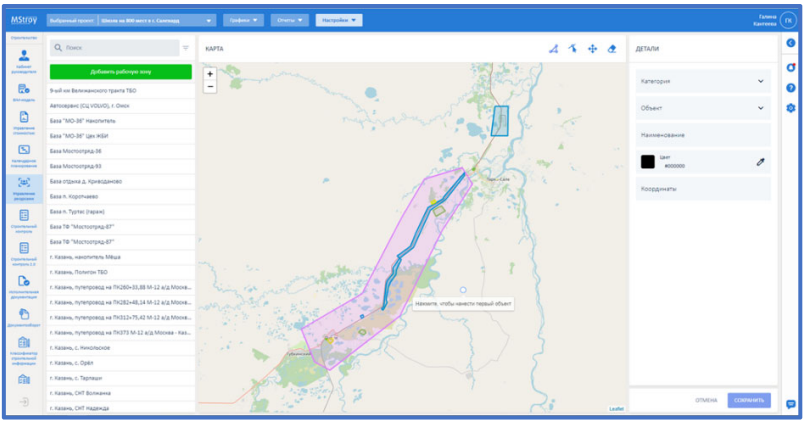

Рис. 8. ГИС-инструмент контроля перемещения дорожной техники

Модуль «Эксплуатация» содержит сведения о техническом обслуживании построенного объекта и сведения о гарантийных обязательствах, которые формулируются в договоре на подрядные работы и регулируются ст. 755 Гражданского кодекса РФ.

Модули «Общесистемные» и «Менеджмент и экономика» содержат цифровые информационные модели, классификаторы, библиотеки решений и документооборот, необходимые для

полноценной работы всех вышеперечисленных модулей платформы цифрового строительства MStroy.

В настоящее время осуществляется внедрение этой платформы в государственной компании «Автодор», ОАО «РЖД», проекте БАМ- 2 и группе компаний «Нацпроектстрой». Mstroy является наглядным примером цифровой платформы, ориентированной на задачи и интересы подрядчика и в то же время помогает осуществлять контроль за реализацией проекта со стороны заказчика.

ИнфраТИМ подразумевает создание информационной модели и поддержку этой модели в процессе всего жизненного цикла объекта. Вышеприведенные рассуждения относились к стадиям проектирования и строительства дорог. Но еще более важной и длительной по времени является стадия эксплуатации дорог. На данном этапе развития ИнфраТИМ мы можем лишь гипотетически обсуждать, как эта цифровая технология повлияет на эффективность стадии эксплуатации дорог. Но методология ИнфраТИМ для стадии эксплуатации разрабатывается уже давно и важно осмыслить уже полученные результаты.

Общепризнанным мировым лидером в сфере исследований и разработки BIM является международный консорциум buildingSMART, членом которого до последнего времени была и Россия **[6]**. Первые попытки консорциума распространить методологию BIM на инфраструктуру и, в частности, рассмотреть возможности BIM для стадии эксплуатации, привели консорциум к пониманию того, что необходимо опираться и на стандарты в сфере геоинформационных технологий. В результате чего были заключены договор с Open Geospatial Consortium (OGC) и Соглашение о партнерстве в разработке новых инфраструктурных BIM-стандартов. Основанием для этого было то, что все промышленные ГИС-стандарты типа LandXML, CityGML и новый InfraGML, описывающие местность и инфраструктуру, появились именно под эгидой OGC.

Следует заметить, что в РФ на федеральном и региональных уровнях уже давно существует практика применения ГИС для хранения данных о дорогах. Источником этих данных являются результаты паспортизации и диагностики автомобильных дорог. Новый ГОСТ Р 71360-2024 «Технический учет и паспортизация» автомобильных дорог общего пользования предполагает запись всех элементов дорог и, в первую очередь, трасс дорог в

географических системах координат, и использует в том числе ГИС-стандарты OGC. Это означает, что работы по паспортизации дорог должны осуществляться по ГИС-технологии и храниться в соответствующей ГИС. В конечном счете эти данные должны будут передаваться в СКДФ – Систему контроля дорожных фондов, что является первым шагом к внедрению ИнфраТИМ на стадии эксплуатации дорог.

В настоящее время СКДФ напрямую не работает с данными информационных моделей дорог, однако наличие сервиса Картография открывает в будущем возможности для интеграции экосистем ИнфраТИМ с СКДФ. В свою очередь СКДФ, по нашему мнению, должна иметь интерфейс с ГИСОГД, системой, которая непосредственно интегрирует все создаваемые информационные модели ОКС.

Вопрос интеграции ИнфраТИМ, ГИС, СКДФ, ГИСОГД и других цифровых экосистем для реализации принципов цифровой трансформации в дорожном хозяйстве будет предметом последующих статей.

ВЫВОДЫ

На основании изложенного выше можно заключить следующее:

1. ТИМ ПГС и ТИМ ОТИ (ИнфраТИМ) имеют существенные различия в методологии, процессах и программном обеспечении, что должно учитываться в планах внедрения этой технологии и при разработке нормативно-правовых и нормативно-технических документов.
2. На данном этапе развития ИнфраТИМ отсутствует полноценное отечественное программное обеспечение для информационного моделирования мостовых сооружений. Это обстоятельство существенно влияет на качество сводных ЦИМ автомобильных дорог, в составе которых есть мостовые сооружения.
3. Существует необходимость внедрения геоинформационных систем (ГИС) в рамках развития общей методологии ИнфраТИМ. При этом ГИС должны поддерживать ЦИМ автомобильных дорог на стадии эксплуатации и участвовать в интеграции цифровых экосистем коммерческого, отраслевого и государственного уровней.

© Бойков В.Н., Скворцов А.В., 2024

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Стратегическое направление в области цифровой трансформации транспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2021 г. N 3744-р. // Гарант.ру: информационно-правовой портал. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403211610/ (data obrashcheniya: 02.05.2023).*
2. *Стратегическое направление в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2021 г. N 3883-р. // Гарант.ру: информационно-правовой портал. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403224504/ data obrashcheniya: 02.05.2023).*
3. *Бойков В.Н. Информационное моделирование дорог: от ТИМ к ИнфраТИМ / В.Н. Бойков, А.В. Скворцов, Н.В. Бойков // Дорожная держава. – 2023. – № 115. –С. 23-25.*
4. *СТО АВТОДОР 8.6–2016. Организационная и технологическая поддержка процессов формирования информационных моделей автомобильных дорог на всех этапах жизненного цикла. – М., 2016. – 48 с.*
5. *Robert Aish. Building modelling the key to integrated construction CAD/ Conference Paper. July 1986, pp. 55-67.*
6. *buildingSMART Data Dictionary. URL: https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/ (дата обращения: 02.05.2023).*

REFERENCES

1. *Strategicheskoe napravlenie v oblasti cifrovoj transformacii transportnoj otrasli Rossijskoj Federacii do 2030 goda: utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 21 dekabrya 2021 g. N 3744-r. // Garant.ru: informacionno-pravovoj portal. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403211610/ (data obrashcheniya: 02.05.2023).*
2. *Strategicheskoe napravlenie v oblasti cifrovoj transformacii stroitel'noj otrasli, gorodskogo i zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii do 2030 goda: utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 27 dekabrya 2021 g. N 3883-r. // Garant.ru: informacionno-pravovoj portal. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403224504/ data obrashcheniya: 02.05.2023).*
3. *Bojkov V.N. Informacionnoe modelirovanie dorog: ot TIM k InfraTIM / V.N. Bojkov, A.V. Skvorcov, N.V. Bojkov // Dorozhnaya derzhava. – 2023. – № 115. – S. 23-25.*

4. *STO AVTODOR 8.6–2016. Organizacionnaya i tekhnologicheskaya podderzhka processov formirovaniya informacionnyh modelej avtomobil'nyh dorog na vsekh etapah zhiznennogo cikla. – M., 2016. – 48 s.*
5. *Robert Aish. Building modelling the key to integrated construction CAD/ Conference Paper. July 1986, pp. 55-67.*
6. *buildingSMART Data Dictionary. URL: https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/. (data obrashcheniya: 02.05.2023).*

Информация об авторах

В.Н. Бойков – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Геодезия и геоинформатика», Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия
А.В. Скворцов – доктор технических наук, профессор кафедры «Теоретические основы геоинформатики», Томский государственный университет (ТГУ), Москва, Россия

Information about the authors

V.N. Boykov – Doctor of Engineering, Head of the Department of Geodesy and Geoinformatics, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

A.V. Skvortsov – Doctor of Engineering, Professor of the Department of Theoretical Foundations of Geoinformatics, Tomsk State University (TSU), Moscow, Russia

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Рецензент: д-р экон. наук В.П. Миронюк (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию 16.09.2024. Одобрена после рецензирования 05.10.2024. Принята к публикации 23.10.2024.

The article was submitted 16.09.2024. Approved after reviewing 05.10.2024. Accepted for publication 23.10.2024.