

Апробирование информационных моделей дорог на стадии реализации проектов

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.5

Бойков В.Н., д.т.н., профессор МАДГТУ (МАДИ), председатель совета директоров группы компаний «Индор» (г. Москва)
 Неретин А.А., к.т.н., доцент, доцент МАДГТУ (МАДИ) (г. Москва)
 Скворцов А.В., д.т.н., профессор, генеральный директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Приведены примеры апробации отдельных элементов информационного моделирования автомобильных дорог в составе отдельных проектов на разных стадиях жизненного цикла на примере деятельности Государственной компании «Российские автомобильные дороги». Представлены примеры применения технологий информационного моделирования на этапе технико-экономического обоснования при проектировании ремонта на основе данных мобильного лазерного сканирования. Представлен прототип геопортала, имеющего возможность работы с проектными данными и предоставляющего отдельные функции общей среды данных для взаимодействия заказчика с подрядчиком.

1. Введение

В последние годы в дорожной отрасли появилась новая технология информационного моделирования дорог (ИМД), претендующая стать единой концепцией, интегрирующей и усиливающей существующие программно-технические решения на всех этапах жизненного цикла автомобильной дороги от проектирования до строительства и эксплуатации [1–5].

Государственная компания «Автодор» одной из первых в нашей стране поняла потенциальные выгоды от внедрения технологий ИМД в своей работе [6–8]. Именно поэтому на 2014–2015 гг. она заказала своему дочернему предприятию ООО «Автодор-

Инжиниринг» научно-исследовательские работы по теме «Разработка рекомендаций по использованию инновационных технологий информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог». Для выполнения работ была сформирована представительная рабочая группа специалистов из ведущих проектных и научных организаций, а также производителей программного обеспечения для дорожной отрасли. Кроме того, в качестве субподрядчика была привлечена компания «ИндорСофт» (г. Томск). В рамках этого научного исследования был проанализирован мировой (в первую очередь, опыт Великобритании,

США и Норвегии [9–14]) и отечественный опыт [15–23] в сфере ИМД и представлены рекомендации по последовательному внедрению ИМД в дорожную практику.

Однако никакие теоретические изыскания не заменят «проверки боем». В настоящей статье кратко представлены первые результаты апробации ИМД как в рамках пилотных проектов, так и проведённой в инициативном порядке.

2. Предпроектные работы

Одним из наиболее продуктивных проектов, с позиции информационного моделирования, явился проект «ТЭО на соединительную дорогу от



М-4 «Дон» к А-105, подъезд к аэропорту «Домодедово». Целью работы было: получить информационную модель дороги на стадии ТЭО для последующей передачи этой модели на стадию «П» и, как следствие, существенно сократить период времени на разработку проектной документации.

Генеральным подрядчиком выступила компания «Автодор-Инжиниринг», субподрядчиком по проектированию — ООО «Горкапстрой», субподрядчиком по инженерным изысканиям (аэрофотосъёмка, воздушное лазерное сканирование) — ООО «Научно-производственное аэрогеодезическое предприятие «Меридиан+».

Соединительная дорога расположена в зоне наибольшего сближения М-4 и А-105 и призвана обеспечить подъезд к аэропорту «Домодедово» с обеих магистралей, тем самым повышая надёжность транспортного сообщения с аэропортом (рис. 1).

В качестве базового программного обеспечения проекта была выбрана отечественная САПР «Топоматик Robur — Автомобильные дороги» (г. Санкт-Петербург). В качестве среды хранения, демонстрации и передачи информационной модели дороги (в том числе и на мобильные устройства) был апробирован программный продукт ESRI (США) — ArcGIS с модулем 3D Analyst, куда входят два специализированных приложения для 3D-отображения данных: ArcScene и ArcGlobe. Оба приложения позволяют управлять трёхмерными данными, проводить анализ в трёхмерном пространстве, редактировать 3D-объекты, создавать слои со свойствами отображения в 3D и создавать трёхмерные объекты из двухмерных данных.

Состав слоёв информационной модели был определён следующий:

- растровая подложка (по материалам аэрофотосъёмки);
- цифровая модель рельефа (по материалам воздушного лазерного сканирования);
- поверхность дороги (земля);
- разметка;
- структурные линии;
- искусственные сооружения;
- пункты взимания платы;
- ограждения;
- километровые столбы;
- оси трассы;
- основной ход;



Рис. 1. Общая схема соединительной дороги М-4 и А-105 в районе аэропорта «Домодедово»

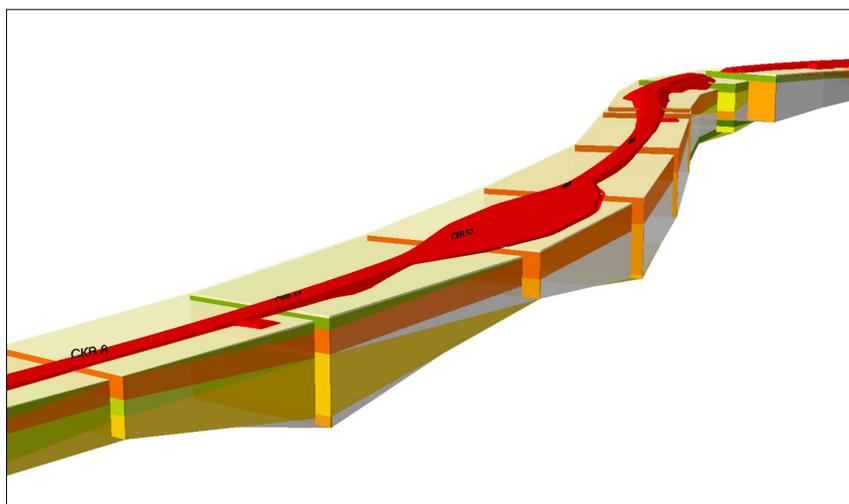


Рис. 2. 3D-модель геологического строения местности в полосе отвода автомобильной дороги

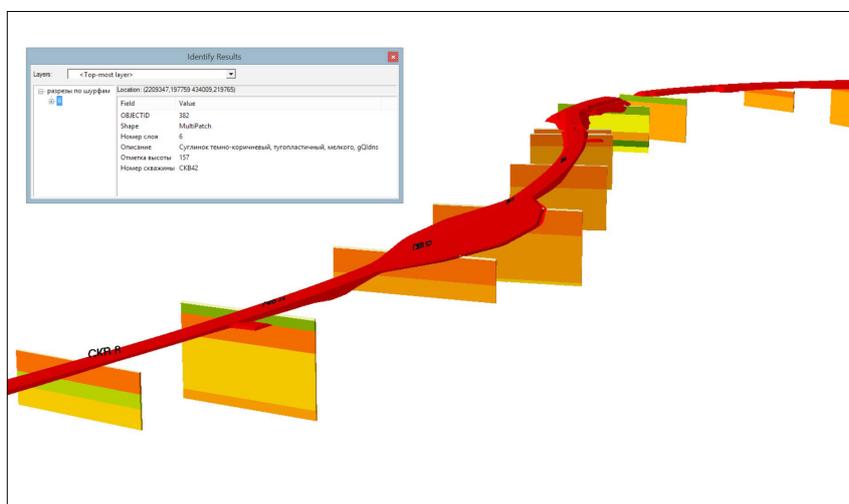


Рис. 3. 3D-модель дороги с поперечными профилями в местах расположения скважин

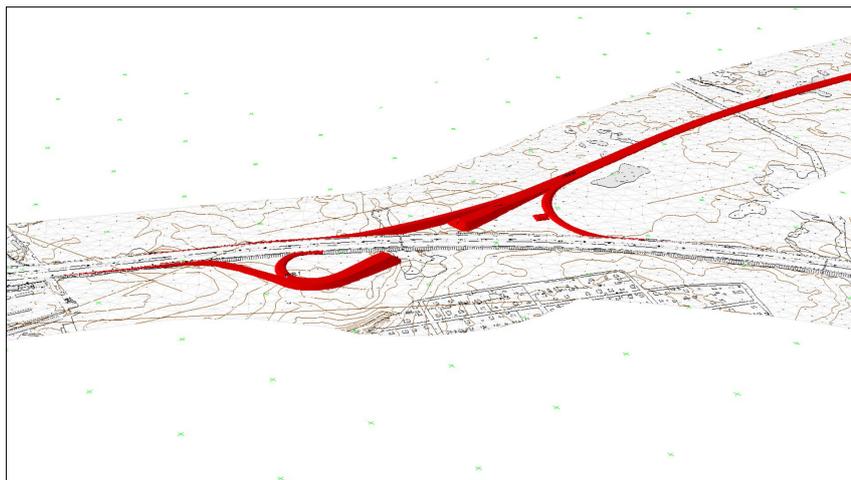


Рис. 4. 3D-отображение геодезических данных и модели дороги

- съезды;
- дорожные знаки;
- шумозащитные экраны;
- кадастровые данные;
- геология (колонки);
- геодезия;
- существующие дороги и развязки.

Впервые было апробировано отображение геологических данных в виде 3D-модели (рис. 2) и поперечных профилей в составе 3D-модели дороги (рис. 3), что существенно повысило наглядность отображения геологической информации в составе модели дороги.

Данные по инженерно-геодезическим изысканиям были подготовлены в составе триангуляционной модели с одновременным отображением горизонталей, кадастровых сведений и самой модели проектируемого объекта (рис. 4).

Впервые была апробирована на стадии ТЭО технология детальной 3D-проработки путепроводов и эстакад, включая пролёты, опоры и фундаменты (свайные ростверки) (рис. 5).

При разработке информационной модели дороги были использованы библиотеки типовых элементов:

- КЖ — конструкции железобетонные;
- КМ — конструкции металлические;
- модели дорожных знаков (включая стойки и фундаменты);
- ограждения;
- освещение.

Подготовленная документация ТЭО в составе чертежей, пояснительной записки и информационной модели дороги передана Заказчику для последующей её детализации на стадии «П» (проектная документация).

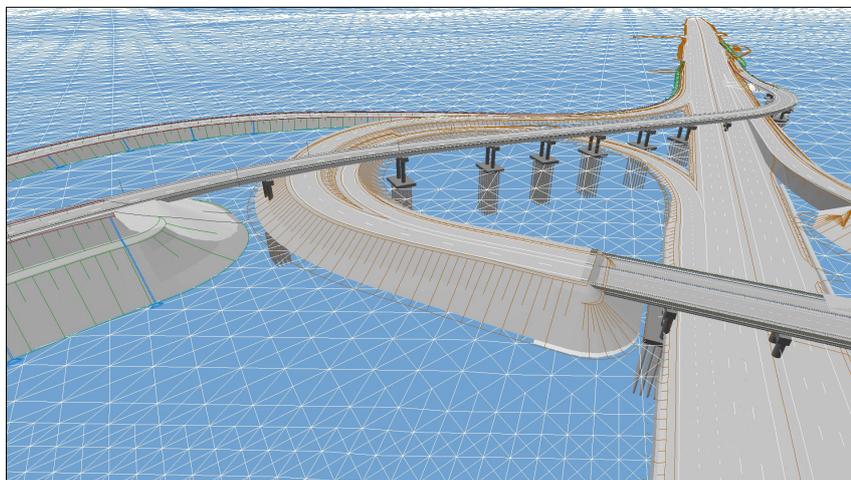


Рис. 5. 3D-отображение путепроводов и эстакад, включая подземную часть сооружений

3. Проектирование ремонтов

Ниже приведены сведения о проекте ремонта, также реализующем принципы информационного моделирования дорог: «Проект ремонта федеральной автомобильной дороги М-4 «Дон» от Москвы через Воронеж, Ростов-на-Дону, Краснодар до Новороссийска км 48+642 – км 52+000 в Московской области».

Генеральным подрядчиком выступила компания «Автодор-Инжиниринг», субподрядчиком по проектированию — ООО «Индор-Мост», субподрядчиком по инженерным изысканиям, выполнявшим мобильное лазерное сканирование (МЛС), — ООО «Геопроектизыскания».

Целесообразность применения технологии мобильного лазерного сканирования при выполнении проектов ремонта и капитального ремонта автомобильных дорог обусловлена, по крайней мере, двумя обстоятельствами [24]:

- плотность движения транспортных потоков на автомагистралях по соображениям безопасности исключает возможность геодезической съёмки проезжей части традиционными методами; альтернативой является технология мобильного лазерного сканирования, которая производится в составе движущегося транспортного потока и не требует никаких ограничительных мер по транспортному движению;
- плотность точек ЦМР, получаемых в процессе мобильного лазерного сканирования, отличается, по сравнению с традиционной геодезией, существенно более высокой плотностью, тем самым позволяя выработать более точные и адекватные проектные решения.

В качестве базового программного обеспечения проекта была выбрана отечественная САПР IndorCAD/Road, имеющая ряд специализированных функций по работе с гигантскими облаками точек лазерного сканирования и инструменты для проектирования ремонтов [25, 26], в том числе специализированный модуль IndorCloud.

Съёмка поверхности автомобильной дороги выполнялась методом мобильного лазерного сканирования системой Riegl VMX-450 производства



Рис. 6. Исходное облако точек МЛС в окне 3D-вида IndorCAD

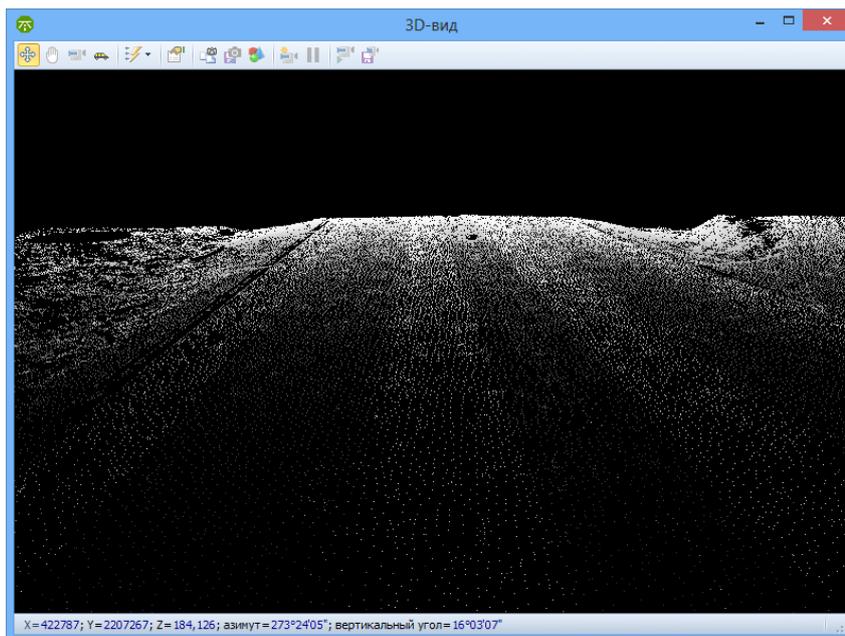


Рис. 7. Облако точек после редактирования в окне 3D-вида IndorCAD

...плотность точек ЦМР, получаемых в процессе мобильного лазерного сканирования, отличается, по сравнению с традиционной геодезией, существенно более высокой плотностью, тем самым позволяя вырабатывать более точные и адекватные проектные решения.

компании Riegl (Австрия). Для определения пространственного положения точек в системе координат проекта сканирующая система оборудована си-

стемой высокоточного позиционирования (СВП) фирмы Applanix (Канада), модель POS-LV 510. В основе принципа определения координат СВП ле-

жит совместная работа спутникового ГНСС-приёмника, установленного на базовой станции, и инерциального модуля (акселерометра и гироскопа). СВП производит определение координат и углов ориентации системы с частотой 200 Гц. Точность СВП во многом зависит от качества приёма ГНСС-сигнала.

Помимо лазерных сканеров, система оборудована 6 цифровыми камерами разрешением 5 мегапикселей. Фотокамеры установлены на одной платформе со сканирующей системой и откалиброваны. Камеры в автоматическом режиме с заданной частотой (до 5 кадров в секунду) производят съёмку. Это позволяет получать фотоснимки, совмещённые с точками лазерных отражений, что значительно упрощает дешифрирование объектов в точках.

При выполнении работ система была установлена на крыше автомобиля Volkswagen Amarok на специальном креплении. При съёмке было выполнено 4 проезда сканирующей системы, по левой и правой полосам движения в каждом из направлений. Сканирование производилось со средней скоростью движения 60 км/ч. Одновременно со сканированием выполнялась фотосъёмка объекта с использованием 6 фотокамер, установленных на одной платформе со сканирующей системой.

После выполнения полевой части работ по мобильному лазерному сканированию (МЛС) была выполнена предварительная обработка полученных данных:

- расчёт траектории мобильного лазерного сканирования;
- расчёт и вывод точек лазерного сканирования;
- конвертирование фотоснимков в формат JPG, расчёт данных для геопозиционирования снимков;
- взаимное уравнивание точек лазерного сканирования с разных проездов;
- уравнивание точек лазерного сканирования на опорные точки по высоте;
- экспорт точек лазерного сканирования в формат LAS в местной системе координат для дальнейшей камеральной обработки (рис. 6).

При последующей обработке осуществляется редактирование облака точек, в частности, исключение неин-

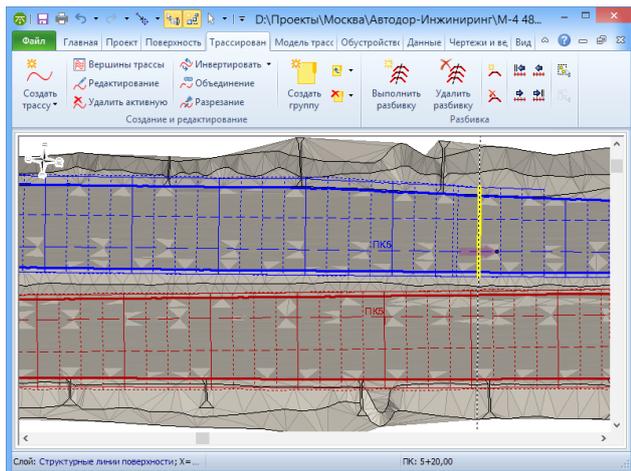


Рис. 8. Трассирование и формирование проектной поверхности в IndorCAD

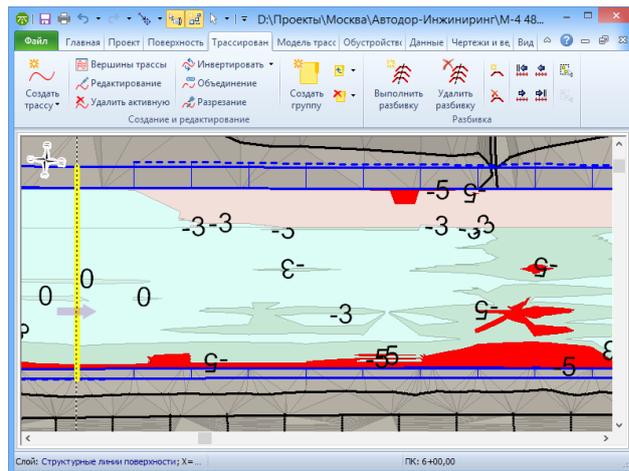


Рис. 9. Фрагмент картограммы фрезерования покрытия в IndorCAD

формативных точек и снижение общей размерности ЦМР (рис. 7).

Последующие процедуры трассирования и выравнивания проектной поверхности (рис. 8, 9) позволяют сформировать цифровые модели поверхностей фрезерования и выравнивающих слоёв покрытия для загрузки этих данных в системы автоматизированного управления дорожно-строительными машинами (САУ ДСМ) [27].

Практика проектирования ремонтов на основе данных МЛС показала высокую точность вырабатываемых проектных решений. Данная технология позволяет в будущем перейти к практике оптимизации проектных решений, исходя из норматива выделенных финансовых средств на ремонт и прогнозирования достигаемого при этом уровня ровности дорожного покрытия.

4. Передача данных по стадиям жизненного цикла

Одной из сложнейших задач, решаемых при информационном моделировании дорог, является выработка методических и технологических основ преобразования проектной модели (САПР-модели) в эксплуатационную модель (ГИС-модель) дороги [4]. Здесь возникает ряд подзадач, таких как: преобразование плоского координатного пространства этапа проектирования в глобальное (геоинформационное) координатное пространство этапа эксплуатации; изменение структуры модели (слоёв) в связи с различной природой поддерживающих их программных средств; настройка средств отображения и подгрузка информационной составляющей геопространственной базы данных.

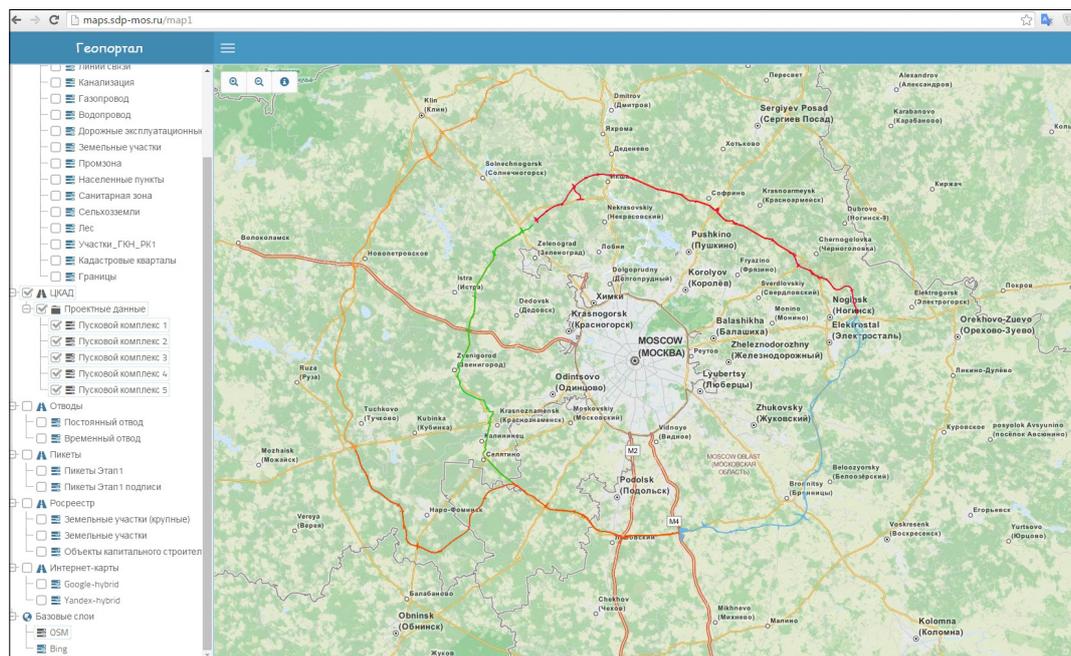


Рис. 10. Общий вид ЦКАД на подложке «Яндекс.Карты»

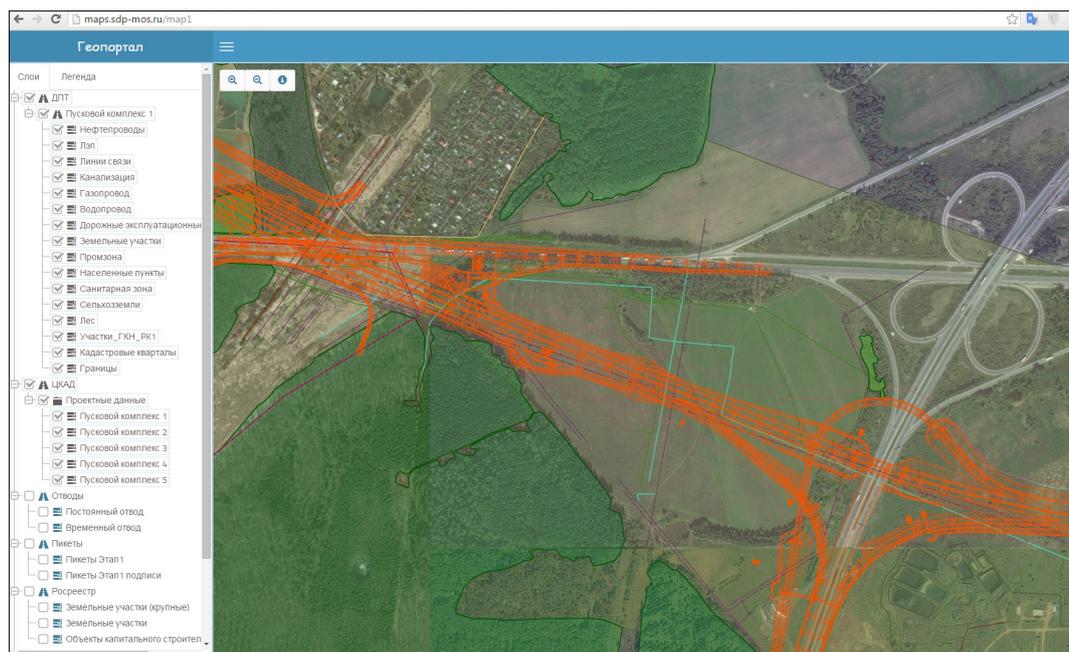


Рис. 11. Совмещение аэрофотоснимка существующей дороги с проектной моделью дороги

В рамках работ по текущей актуализации ГИС автомобильных дорог Государственной компании «Автодор» [8] в инициативном порядке были выполнены пробные работы по передаче проектной модели ЦКАД на уровень ГИС для решения последующих задач этапа эксплуатации (рис. 10).

Работа была выполнена компанией «Союздорпроект», которая являлась генеральным подрядчиком по разработке проектной документации по ЦКАД, а в настоящее время участвует в текущих работах по актуализации ГИС. Методическим консультантом по программным средствам и технологиям преобразования моделей выступила компания «ИндорСофт».

Предварительно был разработан прототип геопортала как единого хранилища пространственной информации, связанной с моделями, получаемыми на этапе разработки проектной документации.

Основными задачами, решаемыми геопорталом, могут стать [28, 29]:

- обмен пространственной информацией между головной организацией и субподрядными организациями и рядовыми сотрудниками;
- оперативный удалённый доступ к актуальной пространственной информации;
- наличие удобных средств отображения растровых и векторных данных (рис. 11);
- возможность использования при работе с пространственной информацией базового ГИС-инструментария (выполнение поисковых запросов, нахождение расстояний и площадей и др.).

Геопортал может содержать как модели проектной документации, так и модели проектов

планировки территории и межевания с данными по отводу земель (рис. 12).

Потенциальными пользователями данной информации в составе геопортала могут быть следующие подразделения Государственной компании «Автодор»:

- центр управления проектами;
- департамент проектирования, технической политики и инновационных технологий;
- департамент строительства;
- департамент земельно-имущественных отношений;
- департамент эксплуатации и безопасности дорожного движения;
- управление информационных технологий и интеллектуальных транспортных систем.

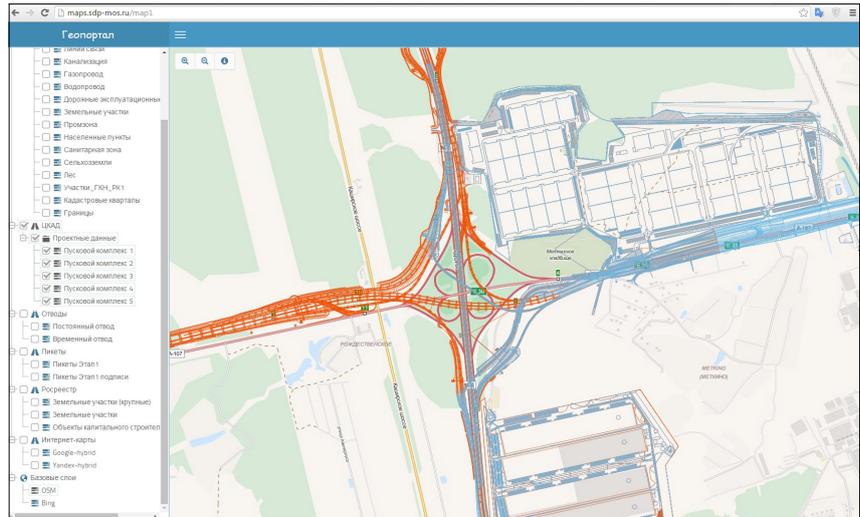
5. Заключение

Приведённые примеры апробации отдельных элементов информационного моделирования автомобильных дорог в составе отдельных проектов на разных стадиях жизненного цикла отражают лишь первые шаги по комплексному внедрению процессов ИМД в Государственной компании «Автодор», однако уже сейчас можно утверждать, что «первый блин не вышел комом». ■

Литература:

1. 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.
2. Бойков В.Н., Поспелов П.И., Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. М.: Академия, 2015. 256 с.
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.

Рис. 12. Проект планировки территории, совмещённый с картографической подложкой



4. Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.
5. Величко Г.В. Как развивать отечественные технологии информационного моделирования дорог? // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 13–19. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.2.
6. 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. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.2.
7. Баранник С.В. Применимость BIM-технологий в дорожной отрасли // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 24–28. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.3.
8. Попов В.А., Пьянков С.П., Баранник С.В. Как работают геоинформационные системы // Автомобильные дороги. 2015. № 4(1001). С. 63–65.
9. 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.
10. 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.
11. National Building Information Modeling Standard. Version 1. Part 1: Overview, Principles, and Methodology. National Institute of building sciences, 2007. 183 p.
12. NB V770 Modellgrunnlag. Krav til grunnlagsdata og modeller. 2014. 85 p.
13. Официальный сайт международной организации buildingSMART. URL: <http://www.buildingsmart.org> (дата обращения: 28.05.2015).
14. Официальный сайт международного консорциума Open Geospatial Consortium. URL: <http://www.ogc.org> (дата обращения: 22.06.2015).
15. Король М.Г. BIM: Информационное моделирование — цифровой век строительной отрасли // Стройметалл. 2014. № 39. С. 26–30.
16. Чешева В.И. BIM в дорожном проектировании // Автомобильные дороги. 2015. № 2(999). С. 89–93.
17. Морозова А.С. Autodesk о дорожном проектировании: проблемы и решения // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 63–66. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.10.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
23. 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.
24. Мотуз В.О., Сарычев Д.С. Применение лазерного сканирования и 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 12–15. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.1.3.
25. Петренко Д.А. Новое поколение программных продуктов ИндорСофт // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 10–17. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.2.
26. Медведев В.И., Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Предварительная обработка данных мобильного лазерного сканирования в системе IndorCloud // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 2(3). С. 67–74. DOI: 10.17273/CADGIS.2014.2.11.
27. 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.
28. Дмитриенко В.Е., Скворцов А.В. Геоортал автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2013. № 1(1). С. 42–46. DOI: 10.17273/CADGIS.2013.1.9.
29. Дмитриенко В.Е. Геопорталы дорожных организаций в контексте мирового опыта // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 136–145. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.20.