

## **ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ ДЛЯ BIM-ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Под термином BIM подразумевается такой подход к жизненному циклу объекта моделирования, при котором в информационной модели объекта (изначально – здания) собирается и хранится вся необходимая конструкторская, технологическая, экономическая и другая информация о составляющих его взаимосвязанных элементах. При использовании BIM информация о модели позволяет автоматически создавать чертежи и отчеты, выполнять анализ проекта, моделировать график выполнения работ, управлять эксплуатацией объектов и т. д. Таким образом, коллективу проектировщиков и строителей предоставляются неограниченные возможности для принятия наилучшего решения с учетом всех имеющихся данных. При этом инженерная цифровая модель местности (ИЦММ) является одной из важных составляющих информационной модели объекта и проходит сквозь весь жизненный цикл сооружения.

Создание ИЦММ для строительства автомобильных дорог имеет ряд особенностей: массив цифровой топографо-геодезической информации на каждом этапе изысканий получен с различной точностью в различных системах координат в результате цифровой фотограмметрической обработки материалов аэрофото- и космической съемки, наземной автоматизированной топографической съемки, оцифровки картографических материалов или автоматизированной генерализации топографической информации для создания ИЦММ мелких масштабов из более крупных масштабов; большая протяженность трасс линейных сооружений требует создание единого координатного пространства; наличие множества пересечений накладывают дополнительные требования к точности и полноте топографической информации и др.

В настоящее время в Республике Беларусь требования к проведению инженерно-геодезических изысканий и созданию инженерно-топографических планов (и только отчасти ИЦММ) регламентируются нормативными документами [1–3], которые не всегда согласованы между собой. Таким образом, цель работы заключается в следующем: обобщить требования к информационной модели дороги (ИМД) и программному обеспечению и к методам съемок и созданию ИЦММ на каждом этапе инженерно-геодезических изысканий для строительства, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог с применением BIM-технологий.

Сформулируем требования к информационной модели автомобильной дороги. Для решения задач, возникающих на разных этапах жизненного цикла, помимо собственно информации о геометрии дороги (план, продольный профиль, поперечные профили), информационная модель должна включать в себя:

- инженерную цифровую модель местности (рельеф, геологию, инженерные коммуникации, ситуацию и т. д.) либо ссылку на ИЦММ, хранящуюся отдельно;

- используемые конструкции дорожной одежды и участки их применения;
- местоположение и описание объектов инженерного обустройства;
- другую информацию, позволяющую автоматизировать рабочие процессы на разных стадиях жизненного цикла автомобильной дороги и повышать производительность сотрудников, имеющих доступ к ИМД.

Для того чтобы ИМД действительно помогала оптимизировать рабочие процессы, необходимо программное обеспечение, которое умеет взаимодействовать с этой моделью, т. е. может редактировать модель, извлекать из нее нужную информацию и визуализировать в различных представлениях, формировать чертежи, ведомости и другие выходные документы.

Требования к программному обеспечению следующие:

1. Используемое для работы с моделью программное обеспечение должно иметь возможность обнаруживать недопустимые с точки зрения норм проектирования, строительства или эксплуатации коллизии объектов модели.

2. Программное обеспечение должно обеспечивать работу со средой общих данных для возможности оперативного взаимодействия специалистов, использующих модель в своей работе.

3. Создаваемая ИМД должна быть параметризированной – изменения можно вносить в любую часть модели в любое время, при этом зависящие от сделанных изменений элементы модели автоматически должны изменяться в соответствии с заданными в модели правилами.

4. Программное обеспечение должно уметь обеспечивать обмен данными модели с другими программными продуктами посредством стандартизированных форматов данных (или ИМД должна быть совместимой со стандартизированными форматами данных).

Выбор того или иного программного обеспечения на каждом из этапов зависит от многих факторов – это и вид проектной деятельности, и масштабы реализуемых проектов, а иногда и просто сложившиеся в организации традиции. Производители программных комплексов стараются собрать технологическую цепочку из собственных программных продуктов, которая обеспечила бы использование единой модели объекта на разных стадиях жизненного цикла. Однако во многих случаях для выполнения всех проектных работ в организации бывает недостаточно использования программ, разработанных одной компанией, и тогда используются несколько программ разных разработчиков в комплексе. Более того, скорее всего, в дорожной отрасли необходимы комбинированные решения САПР и ГИС.

Наиболее популярны в России и в Республике Беларусь программные комплексы для инфраструктурного проектирования и строительства «КРЕДО» (СП «Кредо-Диалог», г. Минск), IndorCAD («ИндорСофт», г. Томск), «Топоматик Robur» (НПФ «Топоматик», г. Санкт-Петербург), AutoCAD Civil 3D (Autodesk, США).

В настоящее время одним из требований к САПР автомобильных дорог становится декларация «BIM-совместимости». Однако четких критериев, позволяющих отнести ту или иную систему к «BIM-совместимой», нет. Все разработчики программного САПР выделяют следующие функции: автоматическое формирование ведомостей, возможность обмена данными между программными продуктами посредством LandXML, работа (и хранение данных) в облаке, параметрическая модель данных.

Из перечисленных выше российских САПР наиболее близки к «ВМ-совместимости» разработки компании «ИндорСофт», поскольку они представляют собой целый спектр непротиворечивых решений для всех стадий жизненного цикла дороги от проектирования до строительства и эксплуатации. Системы «Топоматик Robur» и «КРЕДО» также могли бы претендовать на титул «ВМ-совместимости», т. к. имеют параметрические модели, формируют ведомости. Одним из общих недостатков этих систем является не доработка экспорта в IFC в плане передачи атрибутивной информации и возможности настройки экспорта в IFC. Учитывая, что «КРЕДО» и «Топоматик» – динамично развивающиеся компании, уделяющие большое внимание развитию ВМ-проектирования, вышеуказанные недостатки в ближайшее время будут устранены.

Жизненный цикл автомобильной дороги как физического объекта – это последовательность процессов существования объекта от замысла до ликвидации. Его принято делить на крупные стадии, внутри которых выделяются отдельные этапы (последовательные технологические работы, завершающиеся неким результатом – информационной моделью определенного вида) и процессы (непрерывные работы/процедуры, длящиеся в течение стадии и использующие/обновляющие информационную модель). Зачастую информационная модель, подготовленная на одном из этапов проектирования, если не полностью теряется, то как минимум существенно «теряет в весе» при переходе к другому.

На различных стадиях инженерных изысканий используются картографические материалы различных масштабов от 1:100 000 на предпроектной стадии до 1:200 на стадии рабочих чертежей.

Например, топографо-геодезические изыскания на стадии подготовки предпроектной документации выполняют преимущественно в камеральных условиях в пределах полосы варьирования трассы, которая по ширине может достигать до 1/3 длины трассы. Варианты могут различаться количеством искусственных сооружений, объемом земляных работ, предварительной стоимостью и иметь существенные различия в плановой геометрии. Поэтому выполнение инженерных изысканий в полном объеме на всю территорию, где возможно прохождение варианта автомобильной дороги, нецелесообразно.

Так, для получения наглядной информации на данной стадии проектирования можно подключать интернет-карты из публичных источников, например сервис «Космоснимки». Регулярная модель поверхности также может быть загружена из интернета из публичных данных, например SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). ГП «Белгеодезия» на всю территорию Республики Беларусь созданы ортофотопланы в масштабах 1:10 000 (на территорию административных районов) и 1:2000 на территории населенных пунктов, которые рекомендуется использовать на предпроектной стадии. Для получения подробной информации по изображению ситуации и рельефа наиболее целесообразно использовать дистанционные методы съемки: использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), воздушное лазерное сканирование, а при невозможности их применения – топографическую съемку. По полученным материалам должна быть создана ИЦММ. Требования к выбору масштаба съемки и методам получения пространственной информации на предпроектной стадии приведены в таблице.

Таблица – Требования к выбору масштаба и методам получения пространственной информации

Назначение	Масштаб	Метод получения пространственной информации
Для получения наглядной информации	1:100000 1:50000	публичные интернет-ресурсы, геопривязанные растровые топографические карты
Для получения предварительной информации (анализ рельефа и изображения ситуации)	1:50000 1:25000	данные ДДЗ среднего разрешения, геопривязанные растровые и векторные топографические карты
Для получения подробной информации по изображению ситуации и рельефа, определение эталонных и сложных участков трассы предварительного местоположения полосы отводы	1:20000 1:15000 1:10000 1:5000 1:2000	данные ДДЗ среднего разрешения данные ДДЗ высокого разрешения (не хуже 1 м) и сверхвысокого разрешения (0,3–0,5 м), ортофотопланы съемка с БПЛА (пространственное разрешение 5–20 см), ортофотопланы

Эффективно на этой стадии можно использовать данные земельно-информационной системы (ЗИС) Республики Беларусь. Она создаётся в формате базы геоданных ArcGIS в масштабе 1:2 000 на территорию крупных населённых пунктов и масштаба 1:10 000 на остальную территорию и состоит из пространственных и атрибутивных данных землеустроительного, земельно-кадастрового и топографического содержания. Заказать материалы ЗИС можно на любой фрагмент территории как в полном составе, так по отдельным слоям [6].

Стадия проектирования начинается с инженерных изысканий, результатом которых является сформированная ИЦММ, содержащая более точную, чем на этапе планирования, цифровую модель рельефа, модель ситуации, модель геологии, модель инженерных коммуникаций и другую информацию, важную для принятия проектных решений. Масштабы топографических съёмок варьируются от 1:5000 для равнинной местности до 1:200 (на застроенной территории, в местах пересечения водотоков, автомобильных и железных дорог, на площадках под искусственным сооружением). Из дистанционных методов получения пространственной информации в масштабе 1: 500 и 1:1000 можно рекомендовать применение крупномасштабной аэрофотосъёмки с пространственным разрешением 5–20 см в комбинации с наземным лазерным сканированием. На стадии подготовки рабочей документации должны быть получены дополнительные топографо-геодезические материалы и данные, необходимые для уточнения и детализации проектных решений. Топографо-геодезические изыскания выполняют, как правило, в масштабах 1:500 и 1:200 в случаях изменения ситуации; недостаточности данных изысканий, выполненных ранее; на сложных и проблемных участках трассы (оползневые участки, районы развития карста, подрабатываемые территории и т. д.). Здесь рекомендуется применение наземных методов топографической съёмки (наземное лазерное сканирование и тахеометрическая съёмка с использованием электронных тахеометров).

При использовании традиционного подхода собственно проектирование начинается только после полного окончания формирования ИЦММ, что неизбежно приводит к существенным временным издержкам. BIM-технология позволяет существенно сократить время выполнение работ, так как параллельно с подготовкой или последовательным уточнением модели инженерных

изысканий может выполняться собственно проектирование. Параллельная работа проектировщиков и изыскателей возможна за счет использования среды общих данных (СОД), предоставляющей в качестве слоя ИЦММ отдельно подготавливаемую модель местности. По ходу наполнения цифровой модели местности информацией о зданиях, инженерных коммуникациях и других значимых объектах, проектировщики посредством СОД получают изменения в модели и могут корректировать проектные решения с учетом полученных изменений. Одним из многих преимуществ, получаемых при использовании BIM-технологии в проектировании по сравнению с традиционным подходом, является возможность обнаруживать потенциальные коллизии с инженерными коммуникациями и другими объектами. Это позволяет обнаруживать конфликты на ранних стадиях проектирования и вносить соответствующие изменения в проектное решение задолго до строительства. После занесения в модель информации о геологических скважинах и построения цифровой модели геологии, данные о геологических слоях могут быть использованы при работе с профилями, построении чертежей, подсчете объемов земляных работ, а также трехмерной визуализации геологической модели [5].

Информационная модель автомобильной дороги содержит комплексную информацию по объектам, составляющим автомобильную дорогу (например, ширина проезжей части, тип покрытия, дорожные знаки, ограждения и т. п.), с точным описанием их геометрических параметров и атрибутов. На стадии эксплуатации автомобильной дороги важно обеспечение безопасности дорожного движения на всей дороге и на отдельных, наиболее опасных участках. Основной метрикой для выявления таких участков служат данные о дорожно-транспортных происшествиях, присутствующие в ИМД и периодически актуализируемые. После выявления аварийно-опасных участков, как правило, вносятся изменения в существующие проекты организации дорожного движения (ПОДД) или разрабатываются новые.

#### **Список цитированных источников**

1. Инженерные изыскания для объектов дорожного строительства: ТКП 45-1.02-233-2011 (02250)). – Введ. 24.03.11 (с отменой с отменой П2-03 к СНБ 1.02.01-96). – Минск : Минстройархитектуры, 2011. – 85 с.
2. Инженерные изыскания для строительства: СН 1.02.01-2019. – Введ. 26.12.19 (с отменой с отменой СНБ 1.02.01-96). – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 108 с.
3. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению топографо-геодезических изысканий: ГОСТ 32869-2014. – Введ. РБ 01.04.2017. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 44 с.
4. Методические рекомендации по организации взаимодействия участников разработки проектной и рабочей документации на пилотных проектах строительства, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог с применением BIM-технологии: ОДМ 218.3.105-2018.– Москва : Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2018. – 86 с.
5. Кривых, И. В. Обзор зарубежных САПР автомобильных дорог / И. В. Кривых, Н. С. Мирза // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2015. – № 2 (14). – С. 68–77.
6. Официальный сайт ГП «Белгеодезия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geo.by>. – Дата доступа: 15.06.22.