

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ ИНЖЕНЕРНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ВІМ – ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТА

Введение. Инженерная цифровая модель местности (ИЦММ) является одной из важных составляющих информационной модели объекта и проходит сквозь весь жизненный цикл сооружения. Создание ИЦММ для транспортного строительства 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. Требования к созданию ИЦММ для ВІМ-проектирования автомобильных дорог хотя бы рекомендательного уровня как [4] отсутствуют. Таким образом, цель работы – совершенствование нормативной базы и разработка предложений по созданию координатного обеспечения, требований к методам съемок и созданию ИЦММ на каждом этапе инженерно-геодезических изысканий для строительства, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог с применением ВІМ-технологий.

Материалы и методы исследований: метод анализа источников информации, экспериментальные работы по созданию ИЦММ.

Результаты и обсуждение. Вопрос координатного обеспечения встаёт практически на каждом этапе жизненного цикла объекта дорожной отрасли. Если стоит задача создания, а главное – последующей эволюции информационной модели такого объекта, потребуются обеспечить единое координатное пространство на всём протяжении объекта. Это означает, что необходимо обеспечить преемственность перехода на локальных участках в различные системы координат и обратно без потери целостности координатного описания объекта. Согласно требованиям документов [1] и [2], координаты пунктов геодезических сетей в населенных пунктах вычисляются в принятых ранее местных системах координат (МСК), за пределами населенных пунктов, в системе координат 1963 г (СК-63) и СК-95. Высоты пунктов геодезических сетей вычисляются в Балтийской системе высот 1977 г. (БС77).

Однако использование государственной системы координат СК-63 или МСК целесообразно для объектов небольшой протяжённости – до нескольких

десятков километров. Для участков дорог в несколько сотен километров линейные искажения (нестыковки) на краях зон картографической проекции будут максимальны и составят для 3- градусной зоны в системе СК-63 на широте 55° примерно $1/5000$, т. е. (порядка 20 см на 1000 метров расстояния). В Республике Беларусь создана и успешно действует спутниковая система точного позиционирования (ССТП) позволяющая с сантиметровой точностью определять координаты точек в режиме реального времени в системах ITRS (ITRF2005) и СК-95, в режиме постобработки – системах СК-63 и МСК. Для единого координатного обеспечения при проектировании автомобильных дорог с использованием ВМ-технологий нами предлагается использовать систему СК-63, а для отдельных объектов МСК с обязательным представлением заказчику координат геодезических пунктов в системе отсчета ITRS с указанием исходных геодезических дат и параметров перехода к СК-63 и МСК. Высотная основа для изысканий создается в БС77 с точностью геометрического нивелирования IV класса. В [3] рекомендуют высоты точек также определять спутниковыми методами с соблюдением всех требований методики наблюдений и постобработки с использованием глобальных и региональных моделей геоида. В Республике Беларусь при постобработке используется мировая модель геоида EGM 2008 в виде регулярной матрицы с шагом 2 угловых минуты. Производственный опыт различных изыскательских организаций свидетельствует, что при использовании матрицы пересчета координат и высот (РУП «Белгеодезия»), на некоторых объектах расхождения высот может достигать до десятков см. Таким образом, доля решения вопроса создания локального геоида с шагом не хуже чем 1 угловая минута нами предлагается следующее. При постобработке выполнять переход от эллипсоидальных к ортометрическим высотам по параметрам трансформирования координат, определенным пользователем самостоятельно с включением высот пунктов ГНС (высотная трансформация не менее трех пунктов).

Для исключения дополнительных затрат по созданию и закреплению пунктов плано-высотного обоснования (ПВО) на протяжении всего жизненного цикла объекта (в процессе изысканий под проектирование, при строительстве и в процессе эксплуатации) предлагается изменить подход к организации работ. При проведении изысканий на стадии подготовки проектной документации закладывать по обе стороны от оси будущего сооружения (на расстоянии не более 50 м) постоянные пункты ПВО с определением координаты и высоты спутниковыми методами с привязкой к реперам ГНС. Рекомендованное в [1–2] расстояние между точками ПВО вдоль оси трассы на открытых участках можно увеличить с 2 до 3 км, в местах пересечений придерживаться требований нормативных документов. В случае утраты пунктов ПВО в процессе строительства и эксплуатации, их восстановление может быть спутниковым методом по их известным координатам в системе ITRS.

На различных стадиях инженерных изысканий используются картографические материалы различных масштабов от 1:100 000 на предпроектной стадии до 1:200 на стадии рабочих чертежей. Проанализировав современные технологии и оборудование, используемое для получения цифровой инженерно-геодезической информации, даны рекомендации по выбору метода на каждой

стадии проектирования в зависимости от требуемой точности ИЦММ. Основное внимание уделено комплексному использованию дистанционных методов получения пространственной информации: космическая съемка, съемка с БПЛА, аэрофотосъемка и лазерное сканирование.

Заключение. Вопрос разработки и совершенствования нормативной базы для проектирования, строительства и реконструкции автомобильных дорог с использованием ВМ-технологий остается открытым. Для его успешного решения требует привлечения знаний и опыта широкого круга специалистов занятых в области дорожного строительства.

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 : Стандартиформ, 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 ВМ-технологии: ОДМ 218.3.105-2018. – Москва : Федеральное дорожное агентство (Росавтодор), 2018. – 86 с.

Лазовский Д. Н., Глухов Д. О., Лазовский Е. Д.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОД НАГРУЗКОЙ

Введение. Современный этап развития теории сопротивления железобетона внешним воздействиям характеризуется широким применением сложных математических моделей его работы и вычислительных средств для расчетов. Применяемые методы расчета основных параметров сопротивления железобетонных конструкций: деформационная расчетная модель поперечного сечения на основе диаграмм деформирования бетона и арматуры, блочная модель на основе закона сцепления арматуры с бетоном и метод конечных элементов для вычисления внутренних усилий.

Цель настоящей работы: методически объединить методы расчета отдельных параметров железобетонной конструкции для их вычисления на любой стадии ее работы с учетом их взаимного влияния, избегая использования эмпирических зависимостей.

Деформационная расчетная модель поперечного сечения элемента

Распределение деформаций по высоте поперечного сечения изгибаемого железобетонного элемента до появления трещин подчиняется гипотезе плоских сечений. Для железобетонных элементов, имеющих трещины в растянутой