

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

С. Н. Кандыбо, Л. Ф. Зуева

BIM (building Information Modeling) is a new approach to the design, construction, upkeep of buildings. The article substantiates the necessity of implementing BIM technology integrated with software and up-to-date survey techniques and digital terrain models development.

Key words: IT modeling, computer-aided designing, building, digital terrain model, topographic survey, laser scanning, CREDO.

Введение. BIM (Building Information Modeling / Информационное моделирование) – это подход к полному комплексу работ по созданию любого объекта строительства и дальнейшего его сопровождения в едином информационном поле (модели). Информационное моделирование управляет жизненным циклом объекта на всех этапах его существования. Основным отличием BIM от прочих видов проектирования является сбор и комплексная обработка всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической, эксплуатационной и прочей информации об объекте строительства в единой среде (BIM-модели). При этом все элементы модели являются взаимосвязанными и взаимозависимыми, что, по сути, наделяет модель фактором реалистичности (приближенности реальной ситуации). В основе технологии информационного моделирования лежат разработка и использование информационной модели объекта, которая возникает на ранних этапах инвестиционно-строительного проекта, развивается по ходу реализации проекта, пополняется информацией, которая используется различными участниками проекта в зависимости от их ролей и решаемых задач.

Активное внедрение BIM-технологий в крупные инновационные проекты в Российской Федерации началось с подписания Минстроем России приказа об утверждении плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства от 29 декабря 2014 года и разработки ряда нормативных документов (свода правил СП), регламентирующих требования к информационным моделям объектов массового строительства и их разработке на различных стадиях жизненного цикла [1].

В Республике Беларусь переход на технологии цифрового моделирования в строительстве только начался. Разработаны нормативные документы, определяющие технические условия для внедрения информационного моделирования зданий [2], создается государственная информационная система «Госстройпортал» [4]. Так, специалисты РУП «Белстройцентр» разрабатывают подсистему «Библиотека базовых элементов», которая будет поддерживать многоплатформенность программных продуктов, т. е. позволит размещать базовые элементы, разработанные в BIM-программах различных разработчиков (Autodesk, Graphisoft, Нанософт, Tekla и др.), а также базовые элементы в IFC формате.

Основой для BIM-технологий является качественная цифровая модель местности (ЦММ), включающая цифровую модель ситуации (ЦМС) и цифровую модель рельефа (ЦМР), которые создают в процессе инженерно-геодезических изысканий.

Однако в зарубежной идеологии информационного моделирования этап инженерных изысканий скрыт в этапе «Проектирование» и, как правило, не освещается в литературе и нормативных документах. Хотя в последних зарубежных публикациях и материалах подчеркивается важность инженерных изысканий на этапе проектирования, геодезического обеспечения строительно-монтажных работ и эксплуатации зданий и сооружений [4,5].

Таким образом, цифровая модель местности (ЦММ) инженерного назначения является одной из важных составляющих информационной модели объекта и проходит сквозь весь жизненный цикл:

1. ЦММ (либо ее фрагменты) являются основой для проектирования объекта строительства (начальный этап жизненного цикла);
2. ЦММ активно актуализируется на стадии инженерных изысканий;
3. ЦММ непрерывно изменяется в процессе строительства объекта, что должно оперативно фиксироваться исполнительными геодезическими съемками;
4. В процессе эксплуатации объекта ЦММ регулярно актуализируется.

Требования к точности создания геодезической съемочной основы и ЦММ. При использовании BIM технологий в строительстве созданная на этапе изысканий ЦММ актуализируется в процессе всего жизненного цикла здания. Точность ее создания зависит от используемого метода топографической съемки (тахеометрическая съемка электронными тахеометрами, лазерное сканирование, гибридные технологии), а также от точности и метода создания геодезической планово-высотной основы.

Как правило, планово-высотное съемочное обоснование, создаваемое на этапе инженерно-геодезических изысканий, ниже по точности и плотности, чем геодезическая разбивочная основа, создаваемая для строительства. Поэтому на этапе строительства геодезическая разбивочная основа создается заново как с использованием традиционных методов построения (триангуляция, линейно-угловые сети в виде рядов и типовых фигур, полигонометрические ходы и полигоны, в том числе с включением пунктов красных линий застройки и др.), так и с применением спутниковых технологий. Проанализируем требования, изложенные в нормативных документах, к точности создания планово-высотной съемочной основы при выполнении инженерно-геодезических изысканий и разбивочной основы строительной площадки.

В настоящее время выполнение инженерных изысканий в строительстве регламентируется устаревшим СНБ 1.02.01–96 «Инженерные изыскания для строительства» [6], согласно которому средняя погрешность положения точек плановой съемочной сети относительно пунктов опорной геодезической сети не должна превышать 0,1 мм в масштабе создаваемых планов на открытой местности и на застроенной территории и 0,15 мм - на местности, закрытой древесной и кустарниковой растительностью. Таким образом, для топографического плана масштаба 1:500 с учетом коэффициента перехода от средних погрешностей к сред-

ним квадратическим погрешностям (СКП) имеем: для застроенной территории $m = 1,25\sigma = 1,25 * 0,05 = 0,06$ м, для незастроенной территории $m = 1,25\sigma = 1,25 * 0,075 = 0,09$ м. В тексте проекта ТКП «Инженерные изыскания для строительства. Основные требования» разработанного взамен [6] (в настоящее время находится на утверждении в Министерстве архитектуры и строительства Республики Беларусь), требования к точности плановой съемочной основы не изменились, но сформулированы более четко. Так, согласно табл. 5.9, СКП планового положения пунктов съемочной сети составляют: для плана масштаба 1:500 - 0,08 м и 0,10 м; для плана масштаба 1:200 - 0,05 м и 0,05 м для застроенной территории и незастроенной территории соответственно. Согласно табл. 5.11 СКП определения высот пунктов съемочной сети относительно исходных пунктов не должны превышать: 0,12 м, 0,06 м и 0,03 м для топографических съемок с высотой сечения рельефа $h=1$ м (и более), $h=0,5$ м и $h=0,25$ м соответственно.

Развитие съемочных сетей выполняется спутниковыми методами, а также теодолитными ходами (или заменяющими их по точности микротриангуляцией, трилатерацией, прямыми, обратными и комбинированными засечками, а также, сочетанием различных методов) и ходов геометрического и тригонометрического нивелирования. Наиболее часто координаты и высоты пунктов съемочной геодезической сети определяются методом спутниковых геодезических определений от постоянно действующих пунктов (ПДП) системы точного позиционирования Республики Беларусь (ССТП) в статическом режиме или в режиме реального времени (RTK). СКП определения координат точек с использованием ССТП в режиме постобработки составляет ± 1 см в плане и ± 2 см по высоте при времени наблюдений 1 час в статическом режиме; в режиме RTK – ± 2 см в плане и ± 3 см по высоте, что соответствует требованиям [6], для создания инженерных топографических планов масштаба 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м.

Основное требование при создании разбивочных сетей – необходимая точность для выноса сооружения на местность.

При развитии геодезических разбивочных сетей для исключения влияния погрешностей существующей государственной или местной геодезической сети следует использовать свободные построения, сохраняя при этом имеющуюся в данном районе систему координат и высот. Таким образом, при оценке точности разбивочных сетей используют не значения СКП относительно пунктов исходной сети, а СКП взаимного положения пунктов.

Допустимые средние квадратические погрешности измерений при создании разбивочной сети строительной площадки в зависимости от применяемых средств измерений принимают в соответствии с таблицей 1 [7].

Тогда согласно табл. 1 СКП взаимного положения пунктов разбивочной сети в плане не должны превышать ± 10 мм и ± 25 мм при расстоянии между пунктами 250 м и точности линейных измерений 1/25000 при точности линейных измерений 1/10000 соответственно. Точность взаимного положения пунктов плановых геодезических сетей на строительных площадках определяется с учетом допусков на разбивочные и строительные-монтажные работы и приводится в проекте производства геодезических работ (ППГР). Согласно требований [8] при строительстве зданий выше девяти этажей, а также других техниче-

ски сложных и крупных объектов составляется ППГР, в котором содержатся: схемы плановых и высотных геодезических сетей; схемы закрепления главных, основных и монтажных осей сооружений; краткое описание технологии выполнения геодезических работ с расчетами необходимой точности измерений при создании геодезических сетей и при детальном разбивочных работах, с обоснованием требуемого количества производственного персонала и приборов.

Таблица 1 - Допустимые СКП измерений при создании разбивочной сети

Объекты строительства	Допустимая средняя квадратическая погрешность		
	Угловые измерения	Линейные измерения	Превышения на 1 км хода, мм
Здания на участках площадью более 1 км ² ; отдельно стоящие здания с площадью застройки более 100 000 м ²	3"	1/25 000	4
Здания на участках площадью менее 1 км ² ; отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки от 10 000 до 100 000 м ²	5"	1/10 000	6
Отдельно стоящие здания (сооружения) с площадью застройки менее 10 000 м ² ; дороги, инженерные сети в пределах застраиваемых территорий	10"	1/5 000	10
Дороги, инженерные сети вне застраиваемых территорий; земляные сооружения, в том числе вертикальная планировка	30"	1/2 000	15

Для расчета точности геодезических сетей используется формула, которая предусматривает двухэтапный переход от геодезической сети к детальным разбивкам:

$$\left(\frac{m_l}{L_r}\right)^2 = \frac{1}{8l^2} \left[\delta^2 - 4 \left(1 - \frac{1}{n}\right) m_l^2 \right], \quad (1)$$

где $\frac{m_l}{L_r}$ – относительная погрешность стороны геодезической сети; l – расстояние между смежными монтажными осями; δ – допуск на межосевой размер; m_l – СКП (отложения) межосевого размера; n – количество пролетов между основными осями здания или вспомогательными пунктами.

Таким образом, при использовании ВМ технологий для уменьшения погрешностей при актуализации созданной на этапе изысканий ЦММ инженерного назначения рекомендуется следующее:

1. На этапе инженерно-геодезических изысканий согласовывать с организацией, создающей разбивочную основу на строительной площадке (заказчиком, застройщиком), методы создания сети планово-высотного обоснования, ее точность и методы закрепления пунктов, с целью использования их в дальнейшем для создания разбивочной основы строительной площадки.

2. Учитывая разные требования к точности съемочной и разбивочных сетей и невозможность их полного совмещения, необходимо предусмотреть на этапе изысканий закреплением нескольких (не менее двух пунктов) постоянными знаками (при условии их взаимной видимости) в соответствии с требованиями ТКП 45-1.03-313–2018 (02250) «Геодезические работы в строительстве. Основные положения». При создании свободной геодезической разбивочной сети использовать эти пункты в качестве исходных, с сохранением заданной системы координат и высот.

3. При использовании цифрового моделирования обязательно разрабатывать ППГР.

4. Требования к точности создания ЦММ различаются в зависимости от строящегося объекта, например, для площадного (здание или сооружение), линейного (автомобильные, железные дороги, путепроводы и др.).

Основной метод съемки для построения ЦММ инженерного назначения сегодня – топографическая съемка с использованием электронных тахеометров. За рубежом активно внедряются в практику инженерно-геодезических изысканий современные дистанционные технологии сбора и обработки пространственных данных: лазерное сканирование (воздушное, мобильное, наземное); различные виды аэросъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА); интегрированное (ГНСС+ Инерциальные Навигационные Системы (ИНС)). Анализ зарубежных публикаций показывает, что при использовании BIM-технологий лазерное сканирование является основным методом создания 3D-моделей объектов на этапах изысканий, строительства и эксплуатации зданий и сооружений [4, 5]. Особенно эффективно применение лазерного сканирования при выполнении исполнительных съемок (рис.1, 2). Актуализация исходной (проектной) BIM-модели объекта строительства также выполняется в программном обеспечении для BIM по фактическим данным лазерного сканирования. В Республике Беларусь сложность массового внедрения технологий лазерного сканирования в практику инженерно-геодезических работ связана с высокой стоимостью оборудования, большим периодом его окупаемости и недостаточной квалификацией исполнителей.

Для создания ЦММ используют различные программные продукты на пример, MicroSurvey CAD, AutoCAD Civil 3D, программы геодезической линейки комплекса КРЕДО и др. В настоящее время более 12000 производственных организаций, а также более 300 учебных заведений на территории СНГ используют программный комплекс КРЕДО (разработчик - компания Кредо-Диалог), состоящий из нескольких крупных систем и ряда дополнительных задач. Все системы объединены в единую технологическую цепочку обработки информации - от производства изысканий и проектирования до последующей эксплуатации объекта. Каждая из систем комплекса позволяет не только автоматизировать обработку информации в различных областях (инженерно-геодезические, инженерно-геологические изыскания, проектирование и другие), но и сформировать единое информационное пространство, описывающее исходное состояние территории (модели рельефа, ситуации, геологического строения) и проектные решения создаваемого объекта [8]. Использование различных модулей из состава комплекса КРЕДО позволяет оптимизировать процесс обработки инженерных изысканий и создания цифровых моделей для различных объектов промышленного, транспортного и гражданского строительства.

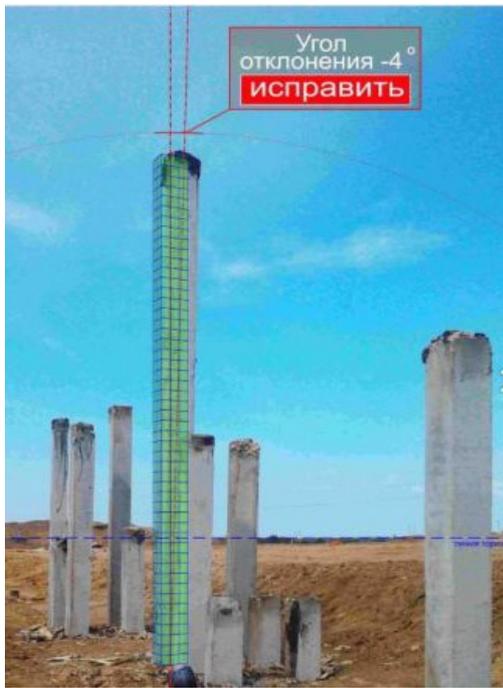


Рисунок 1 – Исполнительная съемка свайного поля

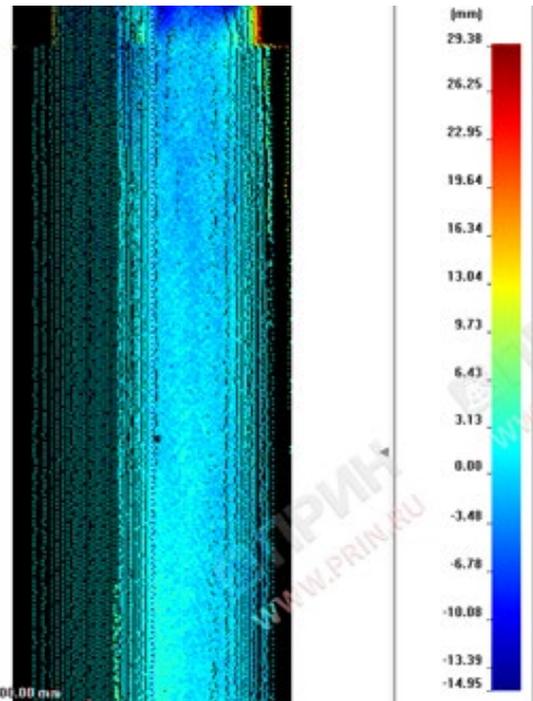


Рисунок 2 – Отклонение колонны от вертикали, мм

В программном комплексе КРЕДО работа с цифровыми моделями местности и проекта полностью соответствует идеологии, заложенной в технологии информационного моделирования. Все работы ведутся в единой информационной среде с обработкой данных, полученных при комплексных инженерных изысканиях (инженерно-геодезических, инженерно-геологических и экологических изысканиях, а также кадастровых и землеустроительных работах), и на их основе формируется цифровая модель проекта (рис. 3). Для оценки построенной цифровой модели местности можно использовать просмотр 3D-вида модели в различных режимах. Адекватное отображение рельефа достигается за счет подбора текстур, 3D-моделей и 3D-объектов из поставляемых библиотек [8, 9].



Рисунок 3 – Структура комплекса КРЕДО

Принципиальное отличие цифрового моделирования в комплексе КРЕДО - это создание полноценной единой ЦММ, представленной в виде специальных объектов рельефа, ситуации, геологии и коммуникаций, обладающих индивидуальными геометрическими параметрами с соответствующим атрибутивным описанием, а не картографической подосновы со стилевыми точками, линиями, полигонами и подписями к ним.

Заключение. При использовании BIM-технологий для уменьшения погрешностей при актуализации созданной на этапе изысканий ЦММ инженерного назначения необходим комплексный подход к созданию геодезических сетей съемочного обоснования и разбивочной сети строительной площадки. Единая цифровая модель местности, созданная в комплексе КРЕДО, является основой для дальнейшего проектирования объектов промышленного и гражданского строительства, может быть интегрирована и внедрена в технологические цепочки жизненного цикла объектов, построенных на платформах других производителей.

Список использованных источников

1. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла: СП 333.1325800.2017. – М.: Минстрой России, 2017. – 33 с.

2. Основные положения руководства по информационному моделированию зданий: СТБ ISO/TS 12911-2015. – Введ. 01.03.2016. – 36 с.

3. О приоритетных направлениях развития строительной отрасли [Электронный ресурс]: Директива Президента Респ. Беларусь 4 марта 2019 г. № 8: / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2019.

4. GIM International [Electronic resource]: The Role of Surveyors in the Evolution of BIM /Andrew Evans. 02.10.2019. – <https://www.gim-international.com/content/article/the-role-of-surveyors-in-the-evolution-of-bim-3>. – Date of access: 10.03.2020.

5. Vercator software [Electronic resource]: The Ultimate Guide to BIM in 2019.- Date of access: 10.03.2020.

6. Инженерные изыскания для строительства: СНБ 1.02.01–96 Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 1996. – 110 с.

7. Геодезические работы в строительстве. Основные положения: ТКП 45-1.03-313–2018 (02250). – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2018. – 13 с.

8. Официальный сайт Кредо-Диалог. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://credo-dialogue.ru/>. – Дата доступа: 05.03.2020.

9. Технология информационного моделирования (BIM) в Кредо // Электронный журнал по геодезии и картографии «Геопрофи». – 2019. – №1. – С.20-23. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geoprofi.ru/technology/tekhnologiya-informacionnogo-modelirovaniya-bim-v-kredo/>. – Дата доступа: 05.03.2020.