

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Кандыбо С.Н., Зуева Л.Ф.

Успешное проектирование инженерных зданий и сооружений возможно лишь на основе полноценных материалов, собранных в процессе инженерных изысканий.

Проведение инженерных изысканий на территории Республики Беларусь регламентируется СНБ 1.02.01 - 96 [1], в соответствии с которым для проектирования площадных объектов (отдельных зданий и групп зданий) на территории городов и сельских населенных пунктов.

Основой проведения всего комплекса инженерных изысканий является инженерно-топографический план, созданный в цифровом виде по результатам топографических съемок местности.

В статье рассматриваются особенности создания инженерно-топографических планов местности с применением современных геодезических методов измерений.

Современная технология создания цифровых кадастровых и инженерно-топографических планов по материалам тахеометрических съемок представляет собой следующую последовательность выполнения работ:

1. Полевые съемочные работы (создание планово-высотного съемочного обоснования, тахеометрическая съемка территории с помощью электронных тахеометров);

2. Автоматизированная обработка на ПК результатов съемки и построение цифровых моделей местности (ЦММ), например, с использованием программного комплекса CREDO (компании «Кредо_Диалог»);

3. Создание планов в цифровом виде с разделением информации по слоям (ситуация, растительность, рельеф, различные виды инженерных сетей и т.д.);

4. Цветная печать топографических планов на принтере, плоттере;

5. Хранение, обновление (по результатам съёмки текущих изменений) и использование ЦММ при проектировании инженерных сооружений.

Начинают топографическую съёмку с создания съемочного обоснования, которое строится в развитие опорной геодезической сети или в качестве самостоятельной геодезической основы: чаще всего состоящей из отдельных или системы линейно-угловых ходов (теодолитных, полигонометрических), прямых, обратных и комбинированных засечек, ходов геометрического и (или) тригонометрического нивелирования. Ориентирование сетей съемочного обоснования и определение координат точек осуществляют привязкой к пунктам государственной геодезической сети

Сегодня в практике топографо-геодезических работ используют электронные тахеометры фирм Leica Geosystems (Швейцария), Trimble Navigation (США), Sokkia (Япония) и др.

Электронные тахеометры инженерного класса обеспечивают измерение расстояний до 1,5–5 км с погрешностью $5\text{мм} \pm 3\text{мм}/\text{км}$ и менее, горизонтальных углов и зенитных расстояний с точностью не хуже 1–6". Это обеспечивает определение координат точек местности и их высот с необходимой точностью при размещении пунктов съемочного обоснования с шагом 500 м и более. Таким образом, при выборе места расположения пунктов съемочного обоснования и их числа, исходят, прежде всего, из условий видимости точек ситуации и рельефа на территории изысканий.

Съёмочное обоснование, созданное с помощью электронных тахеометров, по точности соответствует разрядной полигонометрии (относительная погрешность сети 1/5000 и 1/10000 для полигонометрии 2 и 1 разряда соответственно). Хотя согласно требованиям [1], достаточно создать плановое съемочное обоснование с точностью теодолитных ходов. Высотное съемочное обоснование при изысканиях площадных сооружений в большинстве случаев создается одновременно с плановым т.е. проложением тахеометрических (теодолитно-

высотных) ходов. При изысканиях протяженных линейных сооружений высотное съемочное обоснование создается геометрическим нивелированием соответствующего класса. Высоты точек плановой съемочной сети наиболее эффективно определять с помощью цифровых нивелиров, которые комплектуются рейками со штрих-кодами (BAR- или RAB-кодами). Точность определения превышений у этих нивелиров составляет 0,3-0,4мм [1].

Использованием точных электронных тахеометров при определенных условиях, позволяет добиться хороших результатов как при проложении ходов тригонометрического нивелирования в целях сгущения высотного обоснования, при передачи отметок на монтажные горизонты в строительный период, так и при наблюдениях за осадками зданий и сооружений. Вопросы совершенствования методик и повышения точности тригонометрического нивелирования электронными тахеометрами посвящены работы Ворошилова А.П., Никонова А.В., Беспалова Ю.И. и других российских авторов [3].

При выполнении тахеометрической съемки электронным тахеометром прибор устанавливается на точках съемочного обоснования, а на пикетах – специальные вехи-отражатели. При наведении на отражатели в автоматическом режиме определяется горизонтальный и вертикальный углы, а также расстояния до смежных точек съемочного обоснования и пикетных точек. Информация (результаты измерений) записываются в накопитель информации, в микроЭВМ тахеометра ведется их предварительная обработка – в результате получают приращение координат и превышения на смежные съемочные и пикетные точки. Автоматически прибором учитываются все поправки в измеренные расстояния и за наклон вертикальной оси прибора в измеренные углы.

Использование электронных тахеометров позволяет исключить все промежуточные операции, свойственные обычным тахеометрическим съемкам, выполняемым с помощью теодолитов или номограммных тахеометров, связанные со считыванием отсчетов, записью в полевые тахеометрические журналы, обработкой полевых журналов, ручной подготовкой топографических планов, дигитализацией планов при подготовке цифровых моделей местности.

Преимущества тахеометрической съемки электронным тахеометром перед другими традиционными наземными методами съёмки:

- высокая точность измерений;
- более высокая производительность;
- возможность составления плана съемки в цифровом виде.

Наиболее эффективны при съёмке роботизированные электронные тахеометры, которые имеют следующие компоненты: системы сервопривода при горизонтальном и вертикальном круге; сенсор на вехе с призмой для отслеживания ее тахеометром; канал связи между тахеометром и активной вехой с призмой, исключены личные ошибки исполнителя, непрерывная съемка в режиме реального времени. Процесс полевых съёмочных работ может обеспечивать бригада из 1-2 человек.

В ходе съемки подробностей местности ведут кодирование семантической информации. Система полевого кодирования представляет собой набор команд, параметров и атрибутов, предназначенных для ввода и накопления информации о топографических объектах.

Основные методы работы с электронными тахеометрами являются общими для большинства моделей и конкретизируются в соответствии с их возможностями, внутренним программным обеспечением, функциями клавиш. После установки и приведения прибора в рабочее положение измеряют высоту тахеометра от марки центра пункта до метки высоты прибора с точностью до мм. Съёмку речных точек производят полярным способом. Измерения речных точек можно также выполнять в режиме координат, однако для этого режима предварительно должны быть введены координаты и отметка станции стояния и точки начального ориентирования. Следует иметь в виду, что допущенные ошибки в координатах исходных точек в этом режиме войдут в координаты всех снятых пикетов.

Выделяют три основных этапа обработки:

- первичная обработка результатов непосредственных измерений на основе встроенного ПО тахеометра;

- передача информации с тахеометра на компьютер;
- окончательная обработка результатов измерений с использованием универсальных программных пакетов с выдачей требуемой информации, в том числе в графическом виде.

Первичная обработка измерения углов и расстояний тахеометром выполняется автоматически после входа в соответствующий режим меню или режим работы прибора и сопровождается измерениями. Встроенное ПО обеспечивает ввод информации, настройку (установки) прибора, вычисление элементов привязки, определение координат и других геодезических величин, решение прикладных задач, настройку интерфейса.

Математическая обработка ходов и других сложных построений, а также обработка и нанесение на план материалов съемки производится на персональных компьютерах с использованием специализированных программных комплексов.

Наиболее распространенным на территории РБ является программный комплекс CREDO. Программы, входящие в состав технологической линейки геодезического направления комплекса CREDO, позволяют полностью автоматизировать процесс обработки полевых материалов и получить в результате цифровую модель местности инженерного назначения, являющуюся сегодня основой для выполнения проектных работ в области строительства [4].

В процессе выполнения инженерно-геодезических изысканий исполнители в качестве исходных картографических материалов используют топографические планы масштабов 1:5000 - 1:500 (топографические планшеты), которые могут быть представлены в бумажном виде или в форме отсканированных данных в растровых форматах.

Таким образом, возникает задача создание актуального цифрового инженерно-топографического плана местности, используя «гибридную технологию». Под «гибридным» цифровым топографическим планом понимают комбинацию растровых данных (также частично или полностью оцифрованных растровых планов) и ЦММ, созданной по результатам текущих изменений ситуаций и рельефа.

Для отдельных участков территории могут создаваться трехмерные измерительные видеосцены, представляющие трехмерную цифровую модель территории (3D ЦМТ), включающую в себя цифровую модель рельефа и модели других объектов. С использованием специальных программных средств географических информационных систем (ГИС) и систем автоматизированного проектирования (САПР) выполняется визуализация 3D ЦМТ в статическом или динамическом режимах и все расчетно-измерительные операции.

Линейка продуктов программного комплекса CREDO - ТРАНСФОРМ, ВЕКТОРИЗАТОР, ТОПОПЛАН (ЛИНЕЙНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ) позволяет с успехом реализовать технологию создания «гибридных» цифровых топографических планов.

В большинстве проектно - изыскательских и строительных организациях РБ для обработки и трансформации растрового изображения, полученного сканированием исходного картографического материала и аэрофотоснимков на протяжении десятка лет используют программу CREDO ТРАНСФОРМ. Подготовленные растровые фрагменты могут быть дополнены компоновочной и ситуационной схемами, текстами, геометрическими фигурами и выведены на печать в виде чертежей или сохранены в файлы для создания электронных архивов. Электронная растровая подложка, полученная в программе, может экспортироваться в файлы разных форматов для передачи в другие программы CREDO, а также в САПР и ГИС [4].

В 2017 г. вышла новая система геодезического направления CREDO ВЕКТОРИЗАТОР, предназначена для векторизации растровых крупномасштабных топографических планов и создания ЦММ на их основе. Программа обеспечивает качественную оцифровку черно-белых растровых топографических планов, отсканированных с разрешением не менее 300 dpi. Оцифровка топографических планов включает в себя использование полностью автоматических (распознавание отметок и точечных тематических объектов - ТТО), полуавтоматических (рис. 1а) (распознавание горизонталей и линейных тематических объектов - ЛТО), а также ручных инструментов (создание точек и тематических объектов, редактирование объектов).

При необходимости быстрой векторизации можно использовать инструмент *простой Векторизатор*, позволяющий в автоматическом режиме преобразовать черно-белый растр в набор полилиний и сохранить результат как для работы в ПК CREDO, так и для передачи в сторонние приложения. Использование данной программы позволяет значительно снизить затраты времени и трудовых ресурсов на получение конечного результата - ЦММ на основе растровых изображений [4].

При использовании гибридной технологии создание и обновление цифровых топографических планов мы предлагаем использовать электронные тахеометры, позволяющие работать с картографической подложкой в растровых и векторных форматах (например Trimble M3, Sokkia SX и др.) Этот позволяет быстро на местности определить произошедшие изменения, интерактивно на графическом дисплее отслеживать процесс съемки, контролировать ее точность (рис. 16)

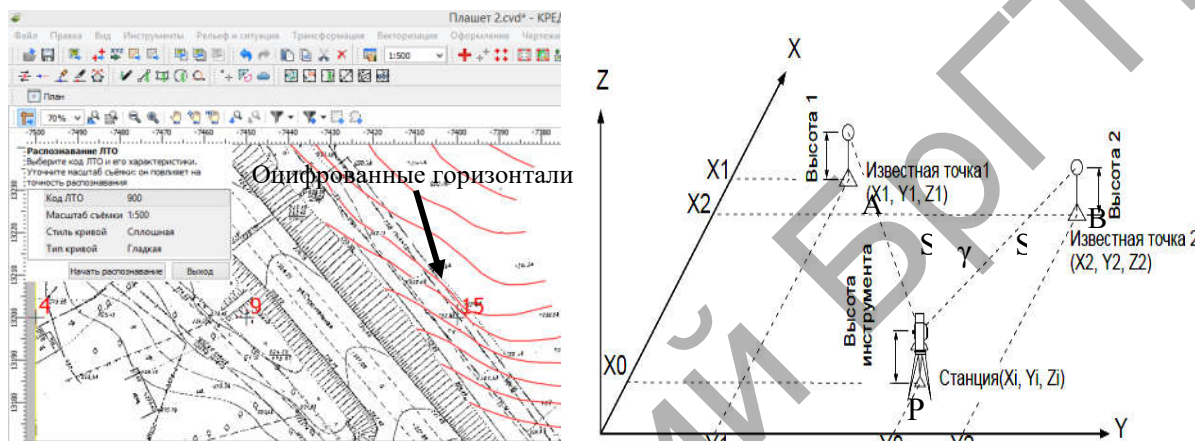


Рисунок 1 – а) Оцифровка горизонталей в полуавтоматическом режиме в программе CREDO ВЕКТОРИЗАТОР; б) Определение координат точки стояния тахеометра обратной линейно-угловой засечкой

При хорошем качестве картографической подложки, и небольших объемах доъемочных работ можно выполнять съемку изменений без создания планового высотного обоснования. В этом случае рекомендуют, тахеометр устанавливают на твердую контурную точку ситуации с контролем координат и высоты станции тахеометрической съемки из решения обратной линейно-угловой засечки, используя в качестве исходных точек четкие контура местности («опознанные по картографической подложке»). Обоснуем возможность применения такого метода.

Схемы линейно-угловых засечек различного вида в геометрическом отношении представляют собой треугольник, в котором одна из сторон является исходной, координаты третьей вершины определяются из измерений углов и сторон в разных комбинациях (рис.16). Среднюю квадратическую погрешность (СКП) определения точки стояния тахеометра P в общем виде можно выразить формулой:

$$m_P^2 = m_{л.-у.з.}^2 + m_{исх.}^2 + m_{цент.}^2, \quad (1)$$

где $m_{исх.}$ – СКП исходных пунктов; $m_{цент.}$ – СКП центрирования; $m_{л.-у.з.}$ – СКП линейно-угловой засечки.

Погрешность центрирования электронного тахеометра в обратной линейно-угловой засечке будет равна нулю.

Влияние погрешностей исходных данных в линейной засечке выражается формулой

$$m_{исх}^2 = \frac{m_A^2 + m_B^2}{2 \sin^2 \gamma} \quad (2)$$

При равенстве $m_A = m_B = m_{AB}$

$$m_{исх} = \frac{m_{AB}}{\sin \gamma} \quad (3)$$

где m_{AB} – СКП положения исходных пунктов; γ – угол линейно-угловой засечки при пункте Р.

Для оценки точности обратной линейно-угловой засечки будем использовать готовую приближенную формулу, приняв $S_1 = S_2 = S$. Тогда

$$m_{л.-у.з.} = \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} S \quad (4)$$

где m_β – СКП угловых измерений.

Вычислим СКП определения координат точки обратной линейно-угловой засечкой по формуле (4) (без учета ошибок исходных данных) при различной точности угловых измерений, расстояний и угла γ , что при погрешности угловых измерений $m_\beta = 2''$ при максимальной расстоянии до исходных пунктов $S = 100$ м и минимальном значении угла $\gamma = 30^\circ$, СКП определения координат точки обратной линейно-угловой засечкой составит 1,9 мм. При тех же исходных данных и погрешности угловых измерений $m_\beta = 5''$ СКП возрастает до 4,9 мм. Ослабить влияние СКП можно, если располагать прибор так, чтобы угол γ приблизительно был равен 90° . Таким образом, максимальная относительная СКП определения координат точки методом обратной линейно-угловой засечки не превышает величины $1/20000$, что с большим запасом точности соответствует требованиям к положения пунктов планового обоснования [1]. Основным источником погрешности определения координат установки тахеометра, в этом случае будут погрешности пунктов $m_{исх}$ А и В (твердых контурных точек), принимаемые за исходные.

Согласно [1] 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. Средние погрешности высот точек съемочных геодезических сетей относительно ближайших реперов нивелирования II-IV класса не должны превышать $1/10$ высоты сечения рельефа на равнинной местности и $1/6$ - на всхолмленной местности). Таким образом для топографического плана масштаба 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м имеем: средняя погрешность положения точек плановой съемочной $v_{x,y} \leq 0,05$ м и средняя погрешность определения высот $v_{x,y} \leq 0,05$ м, что зачастую выше точности положения контурных точек на плане (картографической подложке).

Таким образом, при необходимости определения координат установки тахеометра обратной линейно-угловой засечкой по твердым контурам ситуации необходимо использовать 3-4 четкие контурные точки, плановое и высотное положение которых не вызывает сомнений. При наличии избыточных геодезических измерений программное обеспечение электронного тахеометра вычислит СКП определения координат и высоты тахеометра, которые сравниваются с допустимыми значениями.

В том случае, если на территории участка подлежащего съёмке, отсутствуют пункты государственной геодезической сети, то актуально для определения координат, закреплённых на местности точек съёмочной сети применить спутниковые приемники геодезического назначения. Как известно, в геодезических работах для определения координат точек местности с сантиметровой точностью и выше используются относительные методы позициониро-

вания на основе фазовых спутниковых измерений ГНСС. В этом методе базовый спутниковый приемник устанавливают на геодезическом пункте с известными координатами, а подвижный приемник - на определяемом пункте, и в результате определяют приращения координат относительно базовой станции. В качестве альтернативы относительно методу может служить спутниковая дифференциальная система позиционирования, функционирующая в режиме реального времени.

В Республике Беларусь с 2010 г. специалистами РУП «Белаэрокосмогеодезия» создается Спутниковая Система Точного Позиционирования (ССТП), которая на 1.01.2018 г. включает 98 Постоянно Действующих Пункта (ПДП). Основное назначение ССТП - геодезическое обеспечение плано-высотным обоснованием топографических съемок, координатное обеспечение землеустройства и кадастра, проектно-изыскательских работ в строительстве, исполнительных съемок и других работ. [5]. Координаты ПДП определены с точностью, предъявляемой к пунктам спутниковой геодезической сети 1 класса (СГС-1): $m_{x,y} = 5 \text{ мм} + 2 \cdot 10^{-7} D$ и $m_z = 7 \text{ мм} + 3 \cdot 10^{-7} D$ в плане и по геодезической высоте, где D – длина базовой линии в км.

При работе в режиме реального времени RTK (Real Time Kinematic) используется Международная земная референциальная система координат ITRS (International Terrestrial Reference System в реализации ITRF2005), при работе в режиме постобработки - системы ITRS, СК-95, СК-63 или местная система города. При использовании потребителем информации от одного ПДП режим RTK обеспечивает удовлетворительные по точности результаты на расстояниях от этого ПДП до 15 км, а в режиме постобработки – до 25 км. В настоящее на всей территории Республики Беларусь гарантировано покрытие режима RTK. Средняя квадратическая погрешность 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 реального времени - ± 2 см в плане и ± 3 см по высоте в статическом режиме. Время вхождения в связь приемника со спутниками и вычислительным центром для первой точки составляет 1–1,5 минуты, а для каждой последующей (если приемник не выключался) – несколько секунд [1]. Стоимость услуг по предоставлению измерительной информации ССТП составляет: в режиме постобработки с одного пункта сети (1 час наблюдений) – 2 у.е., корректирующей информации в режиме реального времени (1 миунута) – 0,15 у.е. [5].

Камеральная обработка наблюдений базовых линий обычно производится с помощью коммерческих программ (SKI, Justin, Trimble Business Center, Topcon Tools и др.) поставляемых производителями спутниковой аппаратуры. Задача преобразования координат из обще-земной системы ITRF2005 в системы СК-95, СК-63 или МСК (местную систему координат) может быть решено следующим образом. «Ключи перехода» к государственной или местным системам координат могут предоставляться РУП «Белаэро-космогеодезия» для постобработки в коммерческих программах или для преобразования координат с помощью программного обеспечения полевых контроллеров (South EGStar, Carlsson SurvCE и др.) при использовании режима реального времени. Также доступна платная услуга преобразования координат из одной системы координат в другую (например, ITRF2005 (WGS-84)→СК-95, СК-63, МСК) или через официальный сайт [5]. Все коммерческие программы обработки результатов спутниковых измерений позволяют вычислить «собственные» параметры преобразования систем координат для локального участка работ, т.е. создать «калибровочный район работ». При обработке спутниковых измерений для перехода к системе нормальных высот в Республике Беларусь используют модель геоида EGM2008. Как показывают результаты исследований и опыт практических работ, систематическое смещение результатов спутниковых определений и геометрического нивелирования, вызванное разницей отсчетных высот составляет +5,0 см, что во многих случаях требует выполнения высотной трансформации результатов спутниковых измерений. Для повышения точности определения нормальных высот необходимо создание региональной модели геоида Республики Беларусь с точностью 2-3 см (на основе EGM2008).

Из опыта применения спутниковой дифференциальной системы позиционирования РБ, приведем некоторые рекомендации по выполнению инженерно-геодезических изысканий.

1. Для незастроенной территории, территорий с одноэтажной гражданской и промышленной застройкой, открытой местности не имеющих значительных препятствий для прохождения сигналов от спутников рекомендуется съемку выполнять непосредственно спутниковыми приемниками. Планово-высотное обоснование не создается, съемку ситуации и рельефа, выполняют приемником установленным на вежу, используя режим спутниковых измерений «Stop and Go», время наблюдений на каждой точке минимум «2 эпохи», фактор понижения геометрической точности $GDOP \leq 8$. Съемку можно выполнять как в режиме реального времени, так и в режиме постобработки.

2. Для городских территорий с высотными зданиями и сооружениями, с густой высокой растительностью координаты и высоты точек планово-высотного обоснования целесообразно определять в режиме RTK с сантиметровой точностью, используя режим наблюдений «быстрая статика». Время наблюдений составляет 5-20 минут, в зависимости от типа приемника (одночастотный или двухчастотный), конфигурации спутников; фактор понижения геометрической точности $GDOP \leq 8$. Для наблюдения должны быть доступны минимум 5 спутников с углом возвышения более 15° . Основное преимущество использования режима RTK является определение координат пунктов непосредственно без предварительной камеральной обработки. Дальнейшую съемку ситуации и рельефа, выполняют электронными тахеометрами, используя полученные координаты и высоты точек съемочного обоснования.

Для совершенствования последнего метода фирмы производители геодезического оборудования предлагают различные комбинированные технологии измерений. Например, технология «Гибрид» (Торсон) предполагает совместное использование разных средств измерений одной полевой бригадой: использование роботизированных электронных тахеометров и спутниковых приемников Торсон [6]. Роботизированный электронный тахеометр определяет координаты точки своего стояния из обратной засечки на точки, определенные с помощью ГНСС приемника в режиме RTK. Для обеспечения работы в режиме RTK в качестве базовой станции может использоваться либо собственный приемник, установленный на точке с известными координатами поблизости от района работ, либо постоянно действующая базовая станция. Роботизированный электронный тахеометр постоянно следит за круговой призмой на веже для выполнения измерений на точки съемки. В случае потери призмы, повторный захват происходит очень быстро в течение нескольких секунд благодаря тому, что тахеометр для поиска призмы наводится в направлении текущего положения спутникового приемника по его координатам. На открытой местности набор пикетов также может осуществляться с помощью RTK-ровера, особенно в тех случаях, когда отсутствует прямая видимость между вежей и тахеометром. Управление работой роботизированного тахеометра и RTK-ровера осуществляется с помощью полевого программного обеспечения на полевом контроллере [6].

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)).

Опыт экспериментальных и производственных работ показывает [7], что для создания крупномасштабных инженерно-топографических планов вместо классической аэрофотосъемки эффективней использовать лазерно-локационную съемку в сочетании с цифровой Воздушное лазерное сканирование (ВЛС), совмещенное с детальной аэрофотосъемкой профессиональными среднеформатными камерами, с аппаратным определением элементов внешнего ориентирования, удовлетворяет требованиям крупномасштабной топографической съемки масштабов 1:500–1:5000 с высотой сечения рельефа 0,5-1 м. Метод ВЛС целесообразно использовать при изысканиях протяженных линейных объектов и топографической съемке больших по площади территорий, где другие методы съемки экономически не выгодны [7].

При составлении инженерно-топографических планов для целей проектирования и специализированных планов, отражающих состояние подземного хозяйства данной территории,

обязательно производят съёмку подземных коммуникаций. Далеко не всегда можно доверять проектной документации, регламентирующей расположение подземных коммуникаций. Очень часто она устаревшая или вовсе с ошибками; если коммуникации проложены давно, схем вообще не найдёшь. Также имеют место значительные отклонения фактического проекта от запланированного; видоизменение рельефа участка до неузнаваемости; разрушения коммуникационных линий из-за непредвиденных обстоятельств и др.

В период эксплуатации, т. е. когда коммуникации скрыты и на поверхности земли существуют лишь смотровые и регулировочные сооружения, используют приборы индуктивного поиска. Принцип действия приборов поиска подземных коммуникаций – основан на законе электромагнитной индукции и заключается в обнаружении переменного магнитного поля, существующего вокруг токонесущих кабелей, или искусственно создаваемого вокруг отыскиваемых металлических трубопроводов. Трассоискатель определяет местоположение, глубину и направление подземных инженерных коммуникаций, находит повреждения изоляции кабелей и трубопроводов.

Точность индуктивного метода поиска подземных коммуникаций зависит от разрешающей способности применяемого прибора, установки антенны приемного устройства в заданное положение, влияния внешних помех. Средние погрешности в положении на инженерно-топографических планах скрытых точек подземных сооружений, определенных с помощью приборов поиска, относительно ближайших капитальных зданий и точек съёмочной геодезической сети, не должны превышать 0,7 мм в масштабе плана.

При выборе того или иного метода создания (обновления) цифровых инженерно-топографических планов для проектирования зданий и сооружений следует в комплексе учитывать масштаб топографической съёмки и высоту сечения рельефа, категорию сложности производства измерений, наличие исходных геодезических пунктов, качество (точность, полноту и достоверность) исходных картографических материалов, наличие необходимого геодезического оборудования и программного обеспечения, квалификацию исполнителей и другие факторы.

Список источников

1. СНБ 1.02.01-96. Национальный комплекс нормативно-технических документов в строительстве. Инженерные изыскания для строительства. – Введ. 01.06.96. – Мн.: Минстройархитектуры Республики Беларусь, 1996.

2. Применение спутниковых технологий при проведении инженерно-геодезических изысканий и создании разбивочных сетей / Зуева Л.Ф., Кандыбо С.Н. // Сб. научных статей по материалам межд. научно-практич. конференции 21-24 мая 2015 г., БГСХА, г. Горки. – Ч.1, С.190-197.

3. Ворошилов А.П. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ: Учебное пособие. — Челябинск: АКСВЕЛЛ, 2007.- 163 с.

4. «Кредо-Диалог» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://credo-dialogue.ru/>. – Дата доступа: 30.09.2018.

5. Республиканское унитарное предприятие аэрокосмических методов в геодезии "БЕЛА-ЭРОКОСМОГЕОДЕЗИЯ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geo.by/>.- Дата доступа: 25.09.2018.

6. ООО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gsi.ru/>. – Дата доступа: 25.09.2018.

7. Электронный журнал по геодезии и картографии «Геопрофи» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.geoprofi.ru/>. – Дата доступа: 25.09.2018.