

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ТАХЕОМЕТРА ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Б. Ф. Азаров, Н. А. Малинкин

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В статье рассмотрены преимущества использования электронного тахеометра при выполнении геодезических работ на строительной площадке. Отмечено, что автоматическая коррекция приборных ошибок при работе с электронным тахеометром повышает точность выноса осей и передачи проектных отметок на монтажные горизонты. Кроме того, использование электронного тахеометра при определении крена сооружений и строительных конструкций позволяет автоматизировать процесс измерений и их обработку.

Ключевые слова: электронный тахеометр, монтажный горизонт, ось сооружения, проектная отметка, крен.

При выполнении геодезических работ на строительной площадке с использованием электронного тахеометра (ЭТ) появляется возможность передавать оси и выносить отметки на монтажные горизонты одновременно одним прибором.

Рассмотрим методику и точностные характеристики такой передачи. Передача осей и отметок с исходного на другие горизонты традиционными методами осуществляется раздельно. Оси на монтажный горизонт передаются обычно теодолитом методом наклонного проецирования. Средняя квадратическая погрешность (СКП) передачи регламентируется СП 126.13330.2012 [1]. Так, СКП передачи осей должна составлять не более 2 мм для зданий высотой до 15 м и 2,5 мм для зданий высотой от 15 до 60 м. Передача отметок на монтажные горизонты производится традиционно геометрическим нивелированием с использованием вертикально подвешенных стальных рулеток с миллиметровыми делениями. СКП передачи отметок не должна превышать 3 мм для зданий высотой до 15 м и 4 мм для зданий высотой от 15 до 60 м. Следует отметить, что указанную выше точность передачи, как в плане, так и по высоте оптическими геодезическими приборами (теодолитом и нивелиром) обеспечить достаточно сложно.

Положение осей на монтажном горизонте закрепляется осевыми знаками. Для передачи оси необходимо иметь не менее двух таких знаков, закрепленных либо на местности, либо на исходном горизонте. Если отметка хотя бы одного из них определена с достаточной точностью, то одновременную передачу оси и отметки с помощью ЭТ можно

выполнить так, как показано на рисунках 1 и 2. При этом передача осей может быть осуществлена ЭТ как методом наклонного проецирования, когда прибор используется как оптический теодолит, так и в координатном виде (по известным координатам точки стояния прибора и точки выносимой оси), а вынос отметки – методом тригонометрического нивелирования.

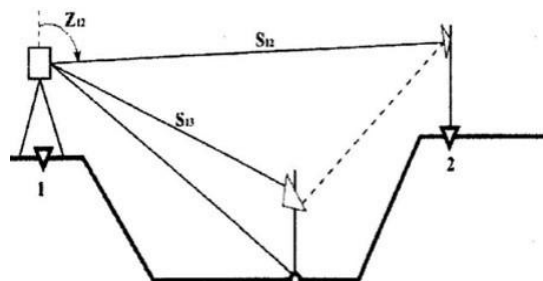


Рисунок 1 – Передача оси и отметки в котлован

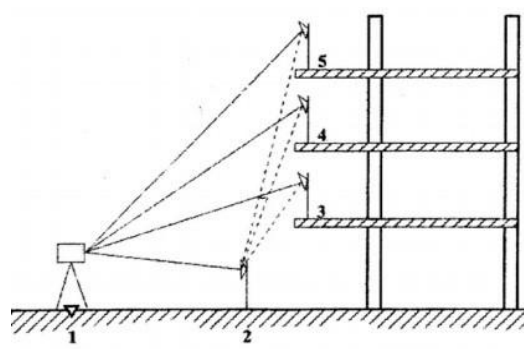


Рисунок 2 – Передача осей и отметок на верхние этажи здания

Передача оси с исходного на монтажные горизонты методом наклонного проецирования заключается в следующем. Тахеометр центрируется над осевым знаком и ориентируется наведение центра сетки нитей на другой осевой знак, закрепленный на исходном горизонте. Наклоня зрительную трубу, положение осевого знака проецируется на монтажный горизонт, где его плановое положение и фиксируется. В данном случае использование ЭТ имеет определенные преимущества перед оптическим теодолитом. Так, автоматическая коррекция в ЭТ коллимационной ошибки c и учет малых углов наклона вертикальной оси прибора i двухосевым компенсатором прибора повышает точность проецирования точек и осей по вертикали, а наличие у ЭТ лазерного указателя створа обеспечивает их быструю маркировку на монтажных горизонтах. При этом СКП плановой передачи точки оси при одном положении вертикального круга тахеометра m_n будет определяться суммарным влиянием следующих составляющих: m_b – СКП визирования; m_c – СКП остаточного влияния коллимационной ошибки; m_i – СКП остаточного влияния компенсации наклона вертикальной оси. Практически на расстояниях визирования до 60 м и m_n не превысит для инженерных ЭТ 0,2 мм.

При использовании координатного метода по умолчанию координаты x_1 , y_1 станции (точки стояния прибора, или осевого знака, над которым прибор установлен) и бортоландонный угол α_{12} ориентирного направления принимаются в приборе равными нулю. В режиме разбивки (например, «В-Н» у тахеометра SET-530R) следует задать проектное значение координаты X передаваемой точки, равное проектному удалению от данного осевого знака, над которым установлен прибор. Требуемые разбивочные элементы и перемещения отражателя будут выводиться на экран дисплея прибора. По ним осуществляется вынос точки на монтажный горизонт. Для точки, расположенной на оси ее ординат y принимается равной нулю.

Как уже было отмечено выше, передача отметки на монтажные горизонты осуществляется ЭТ методом тригонометрического нивелирования. В координатном режиме отметка осевого знака H_i определяется автоматически вместе с ее координатами x и y по формуле

$$H_i = H_1 + h_i,$$

где H_1 – отметка станции ЭТ; h_i – превышение выносимой точки i относительно станции.

Следует отметить простоту предлагаемых построений тахеометром при передаче отметок на монтажные горизонты по сравнению с традиционной методикой, предполагающей использование нивелира и рулетки.

Вместе с тем в реальных условиях погрешность одного измерения, как правило, превышает паспортную СКП прибора в два-три раза, поэтому при выполнении точных работ измерения ЭТ следует выполнять несколькими приемами.

Точность передачи отметок по высоте можно повысить совершенствованием методики тригонометрического нивелирования и геодезических построений, выполняемых тахеометром. Так, измерения, выполненные тахеометром на репер, а затем на определяемую точку, позволяют вычислить превышение между репером и этой точкой.

При измерениях на дополнительный репер 2 и точку i (рисунок 2) величина $(v_2 - v_i)$ изменения высоты отражателя и величина $(K_1 - K_2)$ изменения коэффициента вертикальной рефракции будут невелики. В этом случае погрешность измерения высот l и v , составляющие зачастую нескольких миллиметров, не будут оказывать заметного влияния на точность передачи отметки. Снизится в разностях и влияние вертикальной рефракции, которое на малых расстояниях становится незначительным.

Для контроля и повышения точности передачи отметки на горизонт рекомендуется повторить с другого осевого знака. Если тахеометр установить над точкой 2 оси (рисунки 1, 2), то выполненные измерения образуют линейно-угловое построение в вертикальной плоскости передаваемой оси. Наличие избыточных измерений позволяет уравнивать эти построения.

Если отметки осевых знаков и реперов известны с достаточной точностью и с точки монтажного горизонта есть прямая видимость на несколько таких пунктов, то, установив ЭТ над определяемой точкой, ее отметку можно получить методом обратной высотной засечки.

При избыточном числе исходных реперов и осевых знаков отметка этой точки также определяется из уравнивания возникающего геодезического построения. Замыкание вертикальных построений выполненных ЭТ по высоте повышает точность передачи отметок на монтажные горизонты и обеспечивает надежный контроль.

Таким образом, передача осей, точек и отметок на монтажные горизонты с помощью ЭТ обеспечивает высокую точность, регламентируемую [1]. Автоматизация измерений, применение одного прибора и единой технологии работ позволяет рекомендовать рассмотренную методику взамен традиционной.

Одной из часто встречающихся прикладных задач, решаемых путем геодезических измерений на строительной площадке, является задача определения крена зданий и сооружений, а также элементов их конструкций.

Методика определения крена традиционными геодезическими приборами основана на способе проецирования точки коллимационной плоскостью теодолита и способе измерения горизонтальных направлений [2].

Для ЭТ эти способы также применимы, однако в программном обеспечении современных тахеометров появляются новые возможности, основанные на автоматизации линейно-угловых измерений.

Рассмотрим способ, который можно реализовать с помощью ЭТ, названный в работе [2] линейно-угловым. Измерения тахеометром необходимо выполнять с двух станций во взаимно перпендикулярных плоскостях аналогично тому, как эта задача решается с помощью теодолита. На каждой станции прибор тщательно горизонтируют. В верхнем и нижнем сечении контролируемого объекта выбирают точки 1 и 2 (рисунок 3), по которым будут определяться составляющие q_1 , q_2 вектора крена Q в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Выполняя визирование на выбранные точки 1 и 2, в безотражательном режиме ЭТ измеряют наклонные расстояния S_1 и S_2 , вертикальные углы и горизонтальный угол β (рисунок 3). Встроенное программное обеспечение ЭТ позволяет получить горизонтальные проложения D_1 и D_2 . Величина вектора крена Q определяется по формуле

$$Q^2 = D_1^2 + D_2^2 - 2 \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot \cos \beta,$$

где D_1 и D_2 – горизонтальные проложения расстояний от прибора до точек визирования; β – горизонтальный угол между направлениями визирования.

Знак вектора Q определяет направление отсчитывания угла β : Q будет положительным для угла, возрастающего вправо от точки 1 и отрицательным – для угла, возрастающего влево.

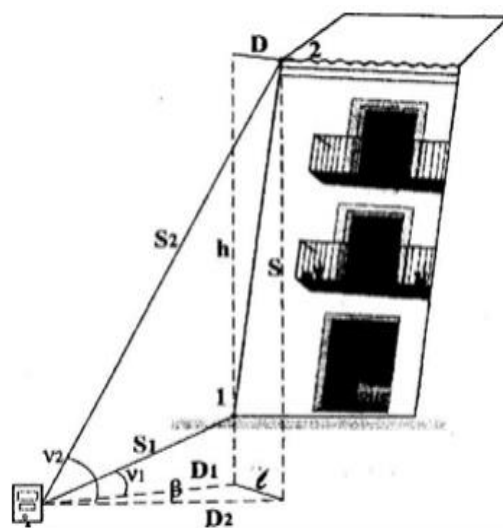


Рисунок 3 – Измерение крена электронным тахеометром

В ряде тахеометров имеется специальная функция, позволяющая проводить измерения крена по описанной выше методике автоматически для массива точек. Для этого достаточно после визирования на каждую точку объекта, крен которой нужно определить относительно точки 1, нажимать соответствующую функциональную клавишу прибора. Полученные результаты измерений выдаются на дисплей ЭТ, их можно занести в память прибора и далее передать на компьютер [2].

Следует отметить, что погрешность определения крена инженерным ЭТ будет меньше, чем при использовании точного оптического теодолита. У тахеометров значения СКП определения расстояния в безотражательном режиме составляют ± 3 мм, однако в условиях строительной площадки из-за фонового излучения и состояния отражающих поверхностей в измеряемых точках они могут возрасти в 2-3 раза. Погрешности измерения углов у инженерных ЭТ составляют 3-6". При определении крена точным теодолитом погрешности измерения углов существенно больше из-за влияния наклона оси вращения прибора и коллимационной ошибки. В ЭТ эти погрешности автоматически компенсируются за счет двухосевого датчика наклона, цена деления которого соответствует точности угловых отсчетов. При работе с тахеометром наклон оси отслеживается и его влияние, как и влияние коллимационной ошибки, исключается при обработке благодаря встроенному программному обеспечению прибора. Поэтому точность измерений угла при определении

крена поверенным ЭТ будет выше аналогичного по точности теодолита.

Альтернативой линейно-угловому способу определения крена может служить способ координат [3]. В данном способе также используется ЭТ и измерения могут выполняться в безотражательном режиме с двух стоянок прибора. Сущность способа заключается в координировании характерных точек объекта, расположенных в верхнем и нижнем поясе сооружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 126.13330.2012. Геодезические работы в строительстве. – Минрегион России, М. : 2012. – 84 с.

2. Атрошко, Е. К. Электронные геодезические приборы и работа с ними / Е. К. Атрошко. – Гомель : БелГУТ, 2008 – 21 с.

3. Авакян, В. В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ / В. В. Авакян. – М. : Издательство «Амалданик», 2012. – 330 с.

Азаров Б.Ф. – к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: stf-ofigig@mail.ru.

Малинкин Н.А. – магистрант ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: malinkin-95@mail.ru.

УДК 721.021.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИИ (ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ) ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ

Б. Ф. Азаров, В. В. Опара

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Статья посвящена анализу назначения и особенностям применения технологии информационного моделирования зданий (BIM) при воссоздании и реконструкции памятников архитектуры. Отмечено, что полноценное использование BIM-технологии для реконструкции памятников архитектуры связано с применением лазерного сканирования. Полученные при сканировании облака точек и построенные по ним 3D-модели могут быть использованы при выполнении работ по реконструкции памятников архитектуры.

Ключевые слова: технология информационного моделирования зданий, наземное лазерное сканирование, облако точек, 3D-модель здания, реконструкция памятников архитектуры.

Наличие большого объема исторических объектов в России, требующих капитального ремонта и реконструкции, диктует необходимость перехода на более современные технологии восстановления памятников архитектуры. В 2016 году Россия занимала девятое место в мире по общему количеству объектов всемирного наследия. В России расположено двадцать три таких объекта. На 2004 год в Государственном реестре памятников истории и культуры насчитывалось более восьмидесяти тысяч объектов наследия.

Под реконструкцией памятников подразумевается возвращение историко-культурным объектам ценности, утраченной под воздействием времени или других разрушительных факторов. Реконструкция не-

движимых памятников культурного наследия является одной из новейших тенденций в развитии современной музейной архитектуры во многих странах мира.

На социальном уровне реконструкция памятников культурного наследия может стать значительным фактором для городов за счет развития в них туризма, следствием чего может быть не только экономическое, но культурное развитие городов. За период эксплуатации конструктивные элементы памятников архитектуры ветшают и изнашиваются, что приводит к разрушению сооружений и утрате ими уникальных архитектурных деталей. Вовремя проведенная реконструкция позволяет продлить срок «жизни» исторического здания.