

СПОСОБЫ ПЕРЕДАЧИ КООРДИНАТ НА МОНТАЖНЫЕ ГОРИЗОНТЫ

Антон Викторович Никонов

АО «Сибтехэнерго», 630032, Россия, г. Новосибирск, ул. Планировочная, 18/1, кандидат технических наук, ведущий инженер, e-mail: sibte@bk.ru

В статье приведены основные способы передачи координат на монтажный горизонт. Для передачи координат могут применяться отвесы, теодолиты, тахеометры, зенит-приборы, а также спутниковые приемники. Рассмотрены особенности применения каждого из приборов при передаче координат на верхние уровни.

Ключевые слова: точность, зенит-прибор, электронный тахеометр, монтажный горизонт, разбивочная сеть, наклонное проецирование, обратная засечка.

METHODS TO COORDINATE TRANSFER ON ASSEMBLY LEVEL

Anton V. Nikonov

Sibtechenergo, 630032, Russia, Novosibirsk, 18/1, Planirovochnaja St., Ph. D., engineer surveyor, e-mail: sibte@bk.ru

The article presents the basic methods of transmission of coordinates on the assembly level. The plumb lines, theodolites, total stations, the zenith-devices, as well as satellite receivers can be used to transmit the coordinates. The features of each of the devices in the transmission of coordinates on the upper levels are presented.

Key words: accuracy, zenith device, total station, assembly level, geodetic network, inclined projection, resection.

При строительстве высотных зданий гражданского и производственного назначения, сооружений башенного типа (дымовые трубы, силоса, градирни и пр.) возникает задача по передаче координат пунктов плановой основы на монтажные горизонты [1]. В актуализированной версии СНиП «Геодезические работы в строительстве» [2] рекомендуется решать задачу по передаче координат вверх способами наклонного, вертикального проецирования или с использованием ГНСС технологий. В действительности можно выделить большее количество способов решения упомянутой задачи (таблица).

Каждому способу передачи координат на монтажный горизонт присущи свои особенности: точность, скорость передачи, трудоемкость и т.д.

Точность способа с применением отвеса зависит от массы отвеса и наличия ветра. Для уменьшения колебаний отвеса его помещают в емкость с вязкой жидкостью (например, отработанным маслом). К преимуществам способа можно отнести простоту применяемых приспособлений, возможность передачи координат в условиях, неблагоприятных для выполнения оптических наблюдений. Обычно данный способ не применяется для передачи координат на высоту более 100 м. В работе [3] описан опыт применения механических отвесов, способов наклонного и вертикального проецирования при возведении 16-этажного

дома в скользящей опалубке. Величины смещений щитов опалубки, полученные по отвесам, в основном совпали со смещениями, определенными способом наклонного проецирования (расхождения до 3 мм). В отдельных случаях зафиксированы несовпадения величиной до 15 мм, связанные с влиянием ветра.

Таблица

Способы передачи осей (координат) на монтажный горизонт

№	Способ	Точность (СКО)	Особенности применения
1	механический (с применением отвеса)	2–10 мм	точность зависит от массы отвеса, силы ветра, использования демпфера
2	наклонное проецирование	2–3 мм	применяется при сооружении зданий до 16 этажей
3	вертикальное проецирование	1,2 мм на 100м	при использовании прибора PZL
4	прямая угловая засечка	1,5–5,0 мм	требует высокой точности измерения углов ($m_{\beta} < 3''$)
5	обратная линейно-угловая засечка	2–5 мм	точность зависит от расположения исходных пунктов, высоты передачи; тахеометр устанавливается на монтажном горизонте
6	линейная пространственная засечка	2–5 мм	- « -
7	полярных координат	2–4 мм	тахеометр устанавливается на пункте внешней разбивочной сети
8	спутниковый (ГНСС)	5–10 мм	применяется режим RTK, возможно применение при открытости небесного свода

Способ наклонного проецирования (рис. 1, а) применяется при возведении зданий малой и средней этажности при наличии свободной территории в границах строительной площадки. Для реализации способа достаточно иметь только углоизмерительный прибор (теодолит). Теодолит устанавливается на расстоянии от здания (не менее его высоты), в створе переносимой оси. Труба теодолита ориентируется по точке на исходном горизонте (на цоколе здания). После этого фиксируют на монтажном горизонте точку, расположенную в коллимационной плоскости зрительной трубы. Передачу осуществляют при двух положениях круга. Для определения места пересечения осей на монтажном горизонте необходимо измерения повторить со второй станции.

Одним из наиболее точных является способ вертикального проецирования (рис 1, б), основанный на использовании зенит-приборов (типа PZL), в которых линия визирования выставляется в отвесное положение. Применение способа требует наличия специальных отверстий в перекрытиях. При строительстве жилых монолитных зданий такие отверстия предусматриваются проектом.

Вертикальное проецирование может осуществляться электронным тахеометром, снабженным окулярной насадкой. Как и при использовании зенит-прибора, наблюдения производят при четырех положениях прибора ($0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$) Передачу осуществляют при двух положениях вертикального круга. Как показывает опыт, результаты передачи координат на высоту порядка 50 м с помощью зенит-прибора PZL-100 и тахеометра Topcon GPT7501 близки друг к другу (расхождение 1,2 мм) [4].

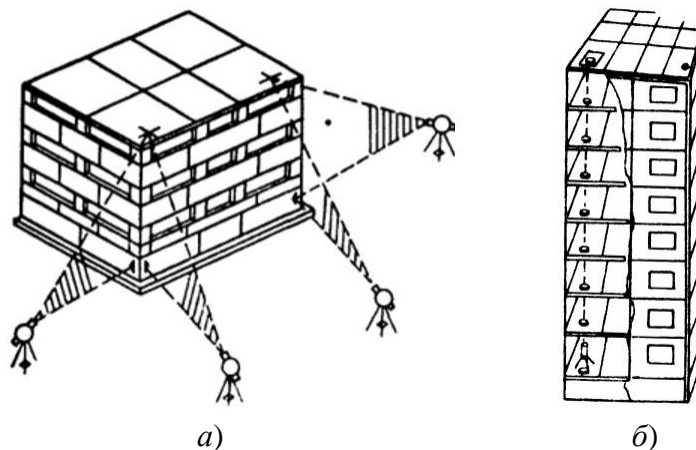


Рис. 1. Способы передачи координат на монтажный горизонт
 а) способ наклонного проецирования; б) способ вертикального проецирования

Способ прямой угловой засечки требует выполнения измерений с пунктов внешней разбивочной сети здания. Как и в способе наклонного проецирования, пункты сети должны быть удалены от здания на достаточное расстояние, равное примерно 1,5–2,0 высоты здания. Измерения удобно производить по трехштативной системе: два штатива располагают над пунктами разбивочной сети, третий – на монтажном горизонте, вблизи пересечения осей здания. После этого последовательно измеряют горизонтальные углы с пунктов разбивочной сети. Произведем предрасчет точности прямой угловой засечки по известной формуле [5]

$$m_p = \frac{m_\beta \sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\rho \cdot \sin \gamma},$$

где m_β – точность измерения угла, S_1 и S_2 – расстояния от пунктов разбивочной сети до определяемой точки, γ – угол засечки, $\rho=206265''$.

Принимая $m_\beta=2''$, $S_1 = S_2 = 100$ м, $\gamma = 60^\circ$ получим точность собственно засечки $m_p=1,6$ мм. Следует обратить внимание, что на точность передачи координат кроме этого окажут влияние ошибки исходных данных, ошибки центрирования теодолитов над пунктами разбивочной сети, ошибки фиксации точки на монтажном горизонте. Для передачи координат на монтажный горизонт с

ошибкой не более 3,5 мм следует предъявлять высокие требования как к точности измерения углов ($m_{\beta} < 2''$), так и к точности исходной разбивочной сети. После вычисления координат точки на монтажном горизонте выполняют редуцирование: линейкой откладывают расстояния до проектного пересечения осей. Затем выполняют центрирование визирной марки над полученной точкой и выполняют контрольные измерения. Как видно, способ прямой угловой засечки не обладает высокой точностью, трудоемок в исполнении и поэтому не рекомендуется для передачи координат на монтажный горизонт.

При использовании способа обратной линейно-угловой засечки тахеометр T устанавливают на монтажном горизонте, в месте, обеспечивающем видимость не менее чем на три пункта с известными координатами. В качестве таких пунктов могут использоваться пленочные отражатели (типа ОП-90), закрепляемые на соседних зданиях или сооружениях на некоторой высоте (в зависимости от этажности окружающей застройки). Координаты пленочных отражателей определяются относительно пунктов 1–6 внешней разбивочной сети (пунктирные линии на рис. 2).

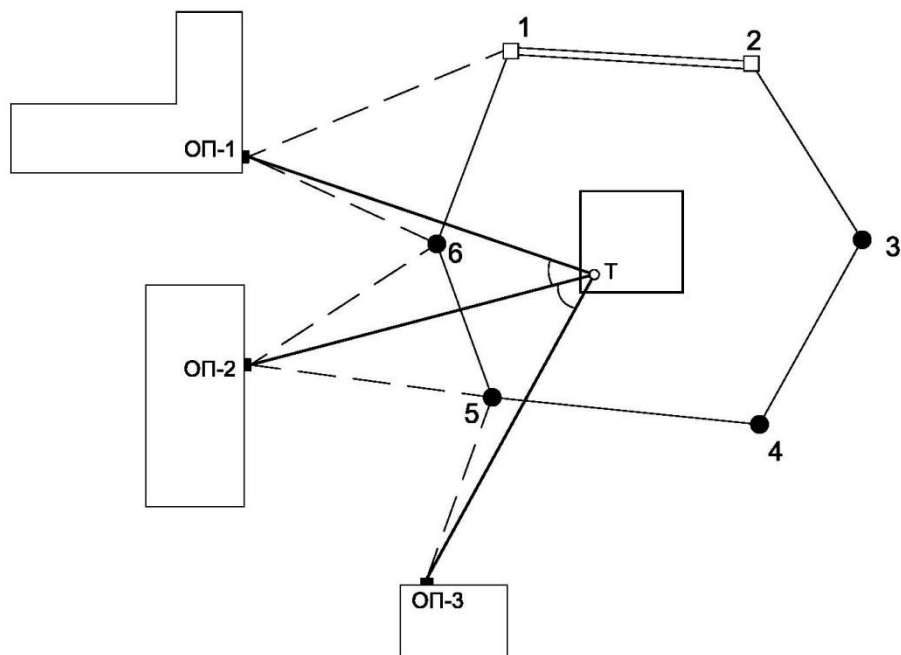


Рис. 2. Схема передачи координат на монтажный горизонт способом обратной линейно-угловой засечки

Особенностью обратной засечки при передаче координат на монтажный горизонт является обеспечение видимости на исходные пункты, расположенные в секторе, как правило, не превышающем 150° . Известно, что наиболее точно положение определяемого пункта из обратной засечки находится при его расположении внутри треугольника, образованного исходными пунктами. Тем не менее, и при расположении исходных пунктов в ограниченном секторе воз-

можно добиться высокой точности определения координат места установки тахеометра ($m < 3$ мм). Точность засечки в основном будет определяться тщательностью координирования пленочных отражателей с пунктов разбивочной сети здания, а также расстоянием от тахеометра до пленочных отражателей [6-9].

Не во всех случаях поблизости от строительной площадки имеются здания, на которых можно разместить пленочные отражатели для выполнения обратной засечки на монтажном горизонте. Тогда измерения с монтажного горизонта могут быть выполнены непосредственно на пункты внешней разбивочной сети здания. При такой конфигурации засечки (с большими углами наклона) выполнение точных угловых измерений сопряжено с неудобствами. Тогда можно реализовать пространственную линейную засечку [10]. Координаты (X, Y, H) тахеометра могут быть определены по измеренным расстояниям до трех или четырех пунктов разбивочной сети. О зависимости точности определения координат из пространственной засечки от конфигурации сети подробно изложено в статье [11].

Способ полярных координат широко известен: координаты точки на монтажном горизонте вычисляются из прямой геодезической задачи. Направление на определяемую точку и расстояние до нее измеряются тахеометром, установленным на пункте внешней разбивочной сети. Недостатком данного способа, как и способа наклонного проецирования, является ограниченная высота передачи координат (до 16 этажей).

Сравнительно новым способом передачи координат на монтажный горизонт является способ с применением ГНСС-приемников, который хорошо зарекомендовал себя при обеспечении строительства сложных инженерных сооружений [12-14]. Способ применим только при размещении приемников в местах, обеспечивающих беспрепятственный доступ радиосигналов, поступающих от спутников. Иначе говоря, после возведения стен, перекрытий выполнить повторные измерения с целью контроля не представляется возможным.

Как известно, спутниковые наблюдения могут производиться в реальном времени или с пост-обработкой. Очевидно, что при строительстве высотных зданий необходимо на монтажном горизонте оперативно получать координаты нескольких точек, поэтому выполнение наблюдений с пост-обработкой может быть оправдано лишь при использовании сразу нескольких ГНСС-приемников.

При строительстве высотных зданий более удобно получать результаты измерений в реальном времени (*RTK* измерения). Заметим, что при использовании лишь одного базового приемника, ошибки передачи координат на монтажный горизонт могут достигать 10 мм, что превышает установленные нормативами допуски [15].

Положительных результатов при передаче координат на монтажный горизонт можно добиться при использовании измерений, произведенных ГНСС-приемниками на постоянно действующих базовых станциях [16], а также на исходном (не менее двух приемников) и монтажном горизонтах. Связь пользователя с приемниками в данном случае может быть обеспечена посредством GPRS-модема или Wi-Fi/LAN, встроенного в приемник [17].

При любом способе перенесения координат, следует выполнять контрольные измерения углов и расстояний на монтажном горизонте. Разница измеренных величин на монтажном и исходном горизонтах не должна превосходить установленных расчетом пределов, иначе передачу координат на монтажный горизонт выполняют повторно. При передаче координат на монтажный горизонт, следует принимать во внимание, что точность работ может быть снижена из-за влияния внешних факторов (неравномерный прогрев здания солнечной энергией, ветровая нагрузка, турбулентные потоки воздуха и пр. [18]).

Задачей инженера является выбор наиболее оптимального способа перенесения координат исходя из местных условий и имеющегося оборудования. Оптимальным следует считать способ, обеспечивающий необходимую точность и отличающийся наименьшей трудоемкостью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ковхаев Г. А. Перенос точек плановой основы на монтажные горизонты // Геодезия и картография. – 1978. – № 6. – С. 42–43.
2. СП 126.13330.2012 «Геодезические работы в строительстве», актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 – М., 2012. – 79 с.
3. Сытник В. С., Мубораков Х. Опыт организации геодезических наблюдений за строительством сейсмостойких монолитных зданий повышенной этажности // Геодезия и картография. – 1973. – №4. – С. 33–38.
4. Нестеренок М. С., Рак И. Е., Вексин В. Н. Эффективность вертикального проецирования осевых точек электронным тахеометром при строительстве зданий и сооружений // Наука и техника. – 2014. – № 5. – С. 35–39.
5. Инженерная геодезия: учебник для вузов ж.-д. трансп. / А. А. Визгин, В. Н. Ганьшин, В. А. Коугия и др.; Под ред. Проф. Л. С. Хренова. – М. : Высш. шк., 1985. – 352 с.
6. Никонов А. В. К вопросу о точности обратной линейно-угловой засечки на малых расстояниях // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 93–100.
7. Никонов А. В., Чешева И. Н., Лифашина Г. В. Исследование влияния стабильности положения геодезической основы на точность обратной линейно-угловой засечки // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 63–70.
8. Моисеев А. Г. Технологическая схема передачи координат на монтажные горизонты // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.). – Новосибирск : СГГА, 2014. Т. 1. – С. 35–38.
9. Лукин А. С., Портнов А. М. Геодезические засечки и их точность при производстве кадастровых работ // Вестник СГГА. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 53–59.
10. Падве В. А. Определение координат пункта из решения пространственной линейной засечки // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1964. – Вып. 6. – С. 35–42.
11. Сергеев О. П. О точности передачи координат на высокие сооружения // Геодезия и картография. – 1983. – № 9. – С. 22–24.
12. Мурзинцев П. П., Косарев Н. С., Никонов А. В. Применение спутниковых ГНСС технологий для обеспечения надвижки арки Бугринского моста через реку Обь // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформа-

тика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 72–76.

13. Мурзинцев П. П., Косарев Н. С., Никонов А. В. Геодезическое обеспечение монтажа арки Бугринского моста через реку Обь // Геопрофи. – 2015. – № 6. – С. 11–15.

14. Мурзинцев П. П., Казаненко Н. А. Применение спутниковых геодезических приемников для обеспечения строительства опор моста через пролив Босфор Восточный на остров Русский в г. Владивосток // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 155–160.

15. Ворошилов А. П., Щукин И. Ю. Передача осей на монтажные горизонты по координатам точек // Наука ЮУрГУ: материалы 65-й науч. конф.. Секции техн. наук: в 2 т. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. Т. 1. – С. 51–54.

16. Определение координат пунктов сети базовых станций Новосибирской области в общеземной системе координат / А. П. Карпик, А. П. Решетов, А. А. Струков, К. А. Карпик // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. Т. 1, ч. 1. – С. 3–8.

17. Гашев Г. Г. Организация измерений методом «обратного» РТК при геодезическом обеспечении высотного строительства // Геопрофи. – 2014. – № 2. – С. 44–47.

18. Никонов А. В. Особенности применения современных геодезических приборов при наблюдении за осадками и деформациями зданий и сооружений объектов энергетики // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 4 (24). – С. 12–18.

© А. В. Никонов, 2017