

УДК 528.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПЕРЕДАЧИ ТОЧЕК ПЛАНОВОГО ОБОСНОВАНИЯ НА МОНТАЖНЫЙ ГОРИЗОНТ НА ОТКРЫТОЙ МЕСТНОСТИ

*Васильюк Т. С.*

Академия строительства и архитектуры Донского государственного технического университета,  
Ростов-на-Дону, Российская Федерация

[vasiluk\\_tanusha@mail.ru](mailto:vasiluk_tanusha@mail.ru)

Передача координат пунктов плановой основы на монтажные горизонты играет особую роль, если речь идет о строительстве высотных зданий гражданского и производственного назначения, сооружений башенного типа. Многие современные постройки характеризуются сложностью конструкции, высокой этажностью, и это требует точного проектирования и контроля их параметров в процессе возведения. Выбор способа передачи координат на монтажный горизонт зависит от условий работ на строительной площадке, конструктивных особенностей объекта и является весьма ответственной задачей.

**Ключевые слова:** монтажный горизонт, разбивочная основа, проецирование, комбинированная засечка, зенит-прибор, электронный тахеометр, глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС).

**Введение.** Внутреннюю разбивочную основу, определяющую положение основных осей зданий и сооружений, переносят с исходного и закрепляют на каждом монтажном горизонте. Свод правил (СП) 126.13330.2012 [1] рекомендует передавать точки плановой внутренней разбивочной сети методами проецирования (наклонного и вертикального) или с использованием приборно-инструментальных комплексов ГЛОНАСС/GPS. Выбор метода и оборудования зависит от высоты возводимого сооружения и его конструктивных особенностей [1]. На практике для решения данной задачи можно применить большее количество способов, некоторые из них представлены в табл. 1 [2].

UDC 528.4

## INVESTIGATION OF THE METHODS OF HORIZONTAL CONTROL POINTS TRANSFER ON ASSEMBLY LEVEL IN OPEN TERRAIN

*Vasilyuk T. S.*

Academy of Construction and Architecture Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

[vasiluk\\_tanusha@mail.ru](mailto:vasiluk_tanusha@mail.ru)

Transfer of the coordinates of horizontal control points on assembly level plays a special role when it comes to the construction of high-rise civil and industrial buildings, tower-type structures. Many modern buildings are characterized by the complexity of design, high floors, and it requires accurate design and control of their parameters in the process of construction. The choice of the method of transferring the coordinates on assembly levels depends on the conditions of work on the construction site, design features of the object and is a very responsible task.

**Key words:** assembly level, geodetic control network, projection, combined cross bearing, zenith-device, electronic total station, Global Navigation Satellite Systems (GNSS).

Таблица 1

Способы передачи координат на монтажный горизонт

№	Способ	Точность (СКО <sup>2</sup> )	Особенности применения
1	Механический (с применением отвеса)	2–10 мм	На точность влияет масса отвеса, сила ветра, использование демпфера
2	Наклонное проецирование	2–3 мм	При сооружении зданий высотой до 16 этажей

№	Способ	Точность (СКО <sup>2</sup> )	Особенности применения
3	Вертикальное проецирование (PZL)	1 мм на 100 м	При использовании прибора PZL
4	Вертикальное проецирование (тахеометр)	2,5 мм на 50 м <sup>3</sup>	При использовании тахеометра с зенитной насадкой
5	Обратная комбинированная засечка	2–5 мм	Тахеометр устанавливается на монтажном горизонте
6	Полярные координаты	2–4 мм	Тахеометр устанавливается на пункте внешней разбивочной сети
7	Спутниковый (ГНСС <sup>1</sup> )	5–10 мм	Режим RTK <sup>4</sup> , возможно применение при открытом небесном своде

<sup>1</sup> Глобальная навигационная спутниковая система.

<sup>2</sup> Среднее квадратическое отклонение.

<sup>3</sup> Значения получены экспериментальным путем компанией УП «Геокарт».

<sup>4</sup> От англ. real time kinematic — кинематика в реальном времени.

Способы передачи координат различаются по таким параметрам, как точность, скорость передачи, трудоемкость и т. д. Передать плановые точки на монтажные горизонты можно проектированием непосредственно со створных точек наклонным лучом тахеометра (или теодолита) и вертикальным лучом. В последнем случае используются приборы вертикального проецирования вспомогательных точек, которые образуют внутри здания плановую опорную сеть.

В настоящее время разрабатываются новые способы передачи координат на монтажный горизонт. Некоторые решения, еще недавно распространенные в строительной практике, заменяются более актуальными.

**Механический.** Этот подход уже практически не используют, потому что в данном случае точность зависит от массы отвеса и силы ветра. Применение метода оправдано только в случае, если условия неблагоприятны для работы оптических приборов.

**Обратная комбинированная засечка.** Применяется в условиях городской застройки. Сегодня это один из самых распространенных методов, если рядом с местом строительства есть здания и сооружения (необходимое условие для задания ориентиров и размещения пленочных отражателей). В этом случае качество передачи будет определяться точностью координирования пленочных отражателей с пунктов разбивочной сети здания и дальностью до заданных ориентиров. Еще одно необходимое условие: обеспечение видимости на исходные пункты, которые должны располагаться в секторе до 150°.

**Способ наклонного проецирования.** Для применения данного метода необходима свободная от застройки территория в границах рабочей площадки, поэтому его используют при возведении зданий малой и средней этажности.

Средняя квадратическая погрешность проектирования точки плановой сети на монтажном горизонте  $m_{пр}$  при двух положениях вертикального круга теодолита вычисляется по формуле:

$$m_{пр} = \sqrt{\frac{0,25h^2\tau^2}{\rho^2} + \frac{3600S^2}{\rho^2V^2} + \frac{l^2m_{ств}^2}{S^2} + m_{ф}^2 + m_{ц}^2}, \quad (1)$$

где:  $h$  — высота проецирования точки;  $S$  — расстояние от теодолита до точки проецирования;  $\tau$  — цена деления цилиндрического уровня горизонтального круга теодолита;  $l$  — отклонение проектируемой точки от вертикали, проходящей через точку плановой основы;  $V$  — кратность увеличения зрительной трубы теодолита;  $m_{ств}$  — СКО установки теодолита в створ;  $m_{ф}$  — СКО фиксации

проектируемой точки на монтажном горизонте;  $m_{ц}$  — ошибка центрирования прибора над пунктом;  $\rho = 206265''$ .

**Способ вертикального проецирования.** Это один из наиболее точных способов передачи осей на монтажный горизонт. Над исходной точкой на исходном горизонте центрируют зенит-прибор *PZL*, затем при помощи оптического компенсатора или точных уровней визирный пучок приводят в вертикальное положение. На текущем монтажном горизонте закрепляют прозрачную палетку с нанесенной квадратной сеткой. По этой сетке при четырех положениях прибора (0, 180, 90, 270) берут отсчеты, определяющие положение проекции вертикальной оптической оси зенит-прибора. Положение передаваемой точки определяет среднее значение из каждой пары диаметрально противоположных отсчетов.

**Способ вертикального проецирования с применением электронного тахеометра.** Электронный тахеометр может применяться в качестве прибора вертикального проецирования. Для этого он должен быть снабжен компенсатором малых наклонов и диагональной или призмной зенитной насадкой на окуляр. Визирную ось зрительной трубы следует зафиксировать в вертикальном положении.

Перед началом работ с верхней части прибора снимается ручка. Затем на окуляр зрительной трубы навинчивается диагональная окулярная насадка, которая позволяет визировать луч вертикально вверх, передавая отметку с нулевого уровня на монтажный горизонт. Процесс измерений такой же, как с использованием прибора вертикального проецирования. В процессе измерений можно фиксировать и сохранять в памяти прибора отсчеты. Контроль на верхнем уровне осуществляется сравнением измеренных длин сторон с исходными базисами сторон на нижнем уровне.

**Экспериментальное применение метода.** Геодезическое частное унитарное предприятие (УП) «Геокарт» практически исследовало возможность применения для вертикального проецирования тахеометра, снабженного компенсатором малых наклонов и призмной зенитной насадкой на окуляр. Кроме того, оценивалась точность данного метода. С этой целью рассматривалось строящееся высотное здание бизнес-центра в г. Минске по ул. М. Танка. Использовался тахеометр *TOPCON GPT 7501* и зенит-прибор *PZL-100*. Эксперименты доказали целесообразность такого подхода [3].

Погрешность определения координат точки *B* (в мм) оценивали по формуле [3]:

$$m_{xyB}^2 = \left(\frac{Hm_y}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{Lm_\beta}{\rho}\right)^2 + m_A^2 + m_B^2. \quad (2)$$

Здесь первое слагаемое правой части выражает погрешность вычисленной величины *L*; второе — погрешность положения точки *B* (за счет погрешности измерения ориентирующего угла  $\beta$ );  $m_A$  — погрешность центрирования прибора над исходным пунктом *A*;  $m_B$  — погрешность фиксации точки *B* на монтажном горизонте.

По результатам исследования расхождение между положениями на палетке окончательных точек проекций, полученных двумя приборами, составило 1,2 мм. Это свидетельствует о точности вертикального проецирования, выполненного зенит-прибором и тахеометром [3].

Однако данный метод, как и все прочие, имеет недостатки. Тахеометр *TOPCON GPT 7501* обеспечивает точность измерения углов 1". Столь высокоточные приборы стоят очень дорого. Цена зенит-прибора *PZL-100* значительно ниже. Еще один минус: у некоторых моделей тахеометров ручка держится на стойках, которые могут расходиться и сходиться. При установке или снятии ручки пропадает или появляется напряжение на стойках, и вследствие этого могут сбиваться настройки юстировки. Полученная точность при использовании электронного тахеометра *TOPCON GPT 7501* ниже, чем с *PZL-100* (см. табл. 1).

**Использование приборно-инструментальных комплексов ГЛОНАСС/GPS.** Использование приемников ГНСС хорошо зарекомендовало себя при обеспечении строительства сложных инженерных сооружений. Метод применим только в условиях беспрепятственного доступа радиосигналов (так называемого «открытого неба»), поступающих от спутников. После возведения стен и перекрытий невозможно выполнить повторные измерения для контроля.

В отличие от оптических приборов, использование приемников ГНСС исключает ошибки наведения. Для реализации данного способа необходимо не менее двух приемников: первый устанавливается на монтажном горизонте, второй — на пункте разбивочной сети сооружения. Также практически полностью исключается влияние человеческого фактора и фактора накопления погрешностей другого рода, что связано с усреднением данных, полученных за все время измерений.

Координаты приемника ГНСС на монтажном горизонте можно определить в режиме реального времени и с постобработкой полученных данных. В режиме постобработки данные считываются одновременно с двух приемников. В результате многократных уравнивательных операций полученных измерений координаты точки получают с оптимальной точностью, удовлетворяющей условиям СП [1]. Итоговое время, необходимое для измерений на реперах, можно рассчитать по формуле:

$$t = 10 \text{ мин} + 1 \text{ мин} \times L_{\max}, \quad (3)$$

где  $L_{\max}$  — длина самой длинной базовой стороны в сети (в км).

При строительстве зданий высокой этажности лучше получать данные в режиме реального времени (*RTK*-измерения). В этом случае оператор по протоколу *TCP/IP* подключается к приемникам ГНСС, находящимся на исходном, монтажном горизонтах и на постоянно действующих базовых станциях. Точность измерений контролируется в режиме реального времени [2, 4].

**Заключение.** При любом способе передачи координат необходимо выполнять контрольные измерения углов и расстояний. Если расхождение между измеренными показателями превышает допустимые величины, передачу необходимо выполнить повторно.

Многофункциональность высокоточного электронного тахеометра обеспечивает выполнение широкого спектра строительных работ. По этой причине метод активно используется, несмотря на высокую стоимость оборудования.

#### Библиографический список

1. СП 126.13330.2012 Геодезические работы в строительстве. Актуализированная редакция СНиП 3.01.03-84 / Технический комитет по стандартизации ТК 465 «Строительство»; Департамент архитектуры, строительства и градостроительной политики; Министерство регионального развития Российской Федерации // Техэксперт. — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095523> (дата обращения 25.11.18).

2. Никонов, А. В. Способы передачи координат на монтажные горизонты / А. В. Никонов // Интерэкспо Гео-Сибирь — 2017: мат-лы междунар. науч. конф. — Новосибирск: Изд-во СГУГиТ, 2017. — С. 3–9.

3. Нестеренок, М. С. Эффективность вертикального проецирования осевых точек электронным тахеометром при строительстве зданий и сооружений / М. С. Нестеренок, И. Е. Рак, В. Н. Вексин // Наука и техника. — 2014. — № 5. — С. 35–39. — (Серия 2. Строительство).

4. Гашев, Г. Г. Организация измерений методом «обратного» *RTK* при геодезическом обеспечении строительства / Г. Г. Гашев // Геопрофи. — 2014. — № 2. — С. 44–47.