



# Геодезические работы в стесненных условиях

## Авторы

**Владимир Власенко,**  
инженер-геодезист  
**Сергей Крячок,**  
кандидат технических наук, доцент

Геометрической основой проекта для вынесения его в натуру являются главные и основные разбивочные оси, относительно которых в рабочих чертежах указываются размеры и расположение всех характерных точек и деталей сооружения. Однако в условиях **ограниченного пространства** строительной площадки закрепление осей на местности двумя реперами с обеих сторон сооружения практически невозможно.

Это особенно ощутимо во время сооружения высотных зданий в условиях больших городов, где под застройку выделяются маленькие земельные участки. Тем более часто невозможно вынести оси за территорию будущих земляных работ.

Вынесение положения сооружения на местность можно выполнять по двум взаимно перпендикулярным базисам, которые проходят через центр сооружения без распланирования его осей.

Работу целесообразно начать с выбора продольного и поперечного базисов, которые пересекаются в точке Q под углом  $90^\circ$  и параллельны продольным

и поперечным основным осям сооружения, но смещены относительно осей так, чтобы не пересекать в плане будущие строительные конструкции, например, на 1,000 м (как показано на схеме).

Для дальнейшего ориентирования базисов в плане их направления на местности закрепляются с помощью ориентировочных пунктов (ОРП). Высотные превышения, расстояния от точки Q до ОРП и горизонтальные углы между направлениями ориентиров и направлениями базисов с вершиной в точке Q измеряются электронным тахеометром согласно требованиям нормативных до-

кументов, которые регламентируют точность геодезических работ в строительстве.

Если положение точки Q на уровне высоты прибора не позволяет найти и надежно закрепить ориентирные направления, то используют несколько временных ОРП, с учетом того, что часть из них может быть уничтожена во время земляных работ на строительной площадке. Они используются также для контроля вынесения постоянных ОРП и для передачи точки Q на исходный горизонт после сооружения подземной части здания.

Принимая базисы за координатные оси X и Y, а точку Q за начало координат, рассчитывают плоские прямоугольные координаты характерных точек в системе координат здания, секции. В этом случае прямоугольные координаты  $(X_i; Y_i)$  характерных точек будут по значению соответствовать приращениям координат  $(\Delta x_i; \Delta y_i)$  этих точек, а значит, и горизонтальным проекциям расстояний от осей базисов к характерным точкам, что и необходимо для разбивки этих точек способом прямоугольных координат (см. схему). Для размечивания строительных элементов способом полярных координат необходимо рассчитать значение углов  $\gamma_i$  и горизонтальных расстояний  $d_i$ .

Кроме того, в данной системе плоских прямоугольных координат рассчитывают и координаты ориентировочных пунктов по данным измерений направлений и расстояний от точки Q — это позволяет в случае необходимости оперативно восстановить ее положение в плане. По измеренным вертикальным углам вычисляют превышения и находят высотные отметки ОРП. Используя координаты и высотные отметки ОРП как исходные, при необходимости устанавливают плановое и высотное положения вспомогательных точек наблюдений, что удобно при выполнении геодезических разбивочных работ на нулевом уровне и земляных работ.

Лучше, если есть такая возможность, ориентировочные пункты закрепить отражающими марками. А когда расстояние от точки Q до ОРП выходит за пределы функции измерения расстояния без отражателя с помощью электронного тахеометра, то установить постоянные призмовые отражатели так, чтобы они были недоступны и малозаметны для посторонних (строительная площадка, фасад дома, балкон служебного помещения Q) на весь период возведения сооружения. Ориентировочных пунктов должно быть не менее трех, углы между ними с вершиной в точке Q не должны быть менее  $40^\circ$ , а минимальное расстояние от точки Q до ОРП не должно быть меньше двойного расстояния от точки Q до наиболее отдаленной разбивочной точки сооружения, максимальное же — не превышать 1000 м.

Плановое положение точки Q на монтажном горизонте определяется методом вертикального проектирования сквозь зенитные отверстия в перекрытиях. Особенно эффективно применение лазерных приборов вертикального проектирования. Сразу после установления прибора на исходном горизонте над точкой Q и его включения видимая проекция точки Q отображается на прозрачной пластине

красного цвета на монтажном горизонте. Над лазерным пятном устанавливается в рабочее положение электронный тахеометр и выполняется линейная засечка на ОРП. Если расхождение в значениях координат точки Q между результатами вертикального проектирования и линейной засечки не превышает двойной величины  $m$ , то выполняется редуцирование с учетом веса измерений каждого из способов, уточняется центрирование тахеометра и вновь выполняется контроль положения точки Q линейной засечкой.

$$m = \sqrt{m_B^2 + m_{ЛЗ}^2}$$

где  $m_B$  — средняя квадратичная погрешность вертикального проектирования;  $m_{ЛЗ}$  — средняя квадратичная погрешность линейной засечки.

По формуле Проворова средняя квадратичная погрешность будет равна

$$m_{ЛЗ} = m_S \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n \sin^2 \gamma_i}}$$

где  $\gamma_i$  — центральный угол между направлениями на ОРП в точке Q;  $n$  — количество направлений засечки;  $m_S$  — средняя квадратичная погрешность измерения расстояния.

Точность вертикального проектирования составит

$$m_B = \sqrt{m_{Ц}^2 + m_{П}^2 + m_{Ф}^2}$$

где  $m_{Ц}$  — точность центрирования прибора вертикального проектирования;  $m_{П}$  — точность проектирования;  $m_{Ф}$  — точность фиксации.

Для указанных работ необходимо применять приборы I-II классов точности. Например, для электронного тахеометра Trimble 3600 Total Station согласно стандартам 21 CFR 1040.10 (лазерные продукты I и II класса) и гарантии качества DIN ISO 9001/EN 29001:

$$m_S = \pm(2\text{мм} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot S).$$

#### Пример

Для трех направлений засечки, расстояния 300 м,  $m_S = 2,6$  мм и конкретных значений углов засечки  $\gamma_1=145^\circ 12' 53''$ ,  $\gamma_2=101^\circ 58' 43''$ ,  $\gamma_3=112^\circ 48' 24''$  средняя квадратичная погрешность линейной засечки  $m_{ЛЗ} = 3$  мм. Если применить прибор вертикального проектирования с точностью проектирования 5", который на высоте 100 м даст отклонение от вертикали 2,5 мм, и принять  $m_{Ц} = 0,5$  мм и  $m_{Ф} = 1,0$  мм, то получим  $m_B = 2,7$  мм.

После подтверждения результатов наблюдений выполняют ориентирование горизонтального круга тахеометра в плане и начинают разбивку характерных точек конструктивных элементов.

Во время выполнения детальных разбивочных работ на монтажном горизонте с использованием электронного тахеометра соответствующей точ-

ности отпадает необходимость в выносе базисов в натуру, поскольку можно использовать направления на ориентировочные пункты. Если тахеометр имеет современное программное обеспечение с графическим отображением точек и полную клавиатуру, предыдущие перерасчеты прямоугольных координат в полярные можно не выполнять, а сразу вводить прямоугольные координаты точек и начинать разбивку. Если есть полное графическое отображение, но неполная клавиатура и нет возможности использовать внешний пульт, то лучше вводить координаты точек разбивки заранее. Для детальных разбивочных работ высотных зданий II-III классов точности необходимо использовать электронные лазерные тахеометры с функцией видимого лазерного луча, которые обеспечивают скорость измерений 2-3 с, имеют точность измерений угла не ниже 5", а расстояния —  $\pm(2\text{мм} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot S)$ . Такие приборы обеспечивают определение превышения на ОРП одним приемом с точностью, достаточной для определения горизонтальной проекции к ОРП (например, для расстояния 300 м средняя квадратичная погрешность определения превышения составляет  $\pm 7,5$  мм).

Для передачи относительных высотных отметок с исходного на монтажный горизонт целесообразно использовать лазерную рулетку, которая позволит измерить расстояние с точностью  $\pm(2\text{мм} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot S)$  без отражателя. Для этого в вертикальном створе зенитных отверстий перекрытия на относительной отметке  $\pm 0,000$  м необходимо оборудовать горизонтальную полочку, установить лазерную рулетку и выполнить измерение расстояния до временного репера на монтажном горизонте, которое и будет равняться относительной отметке репера. Во избежание грубых ошибок, сразу же выполняется контрольное измерение от временного репера до плиты перекрытия, проектная отметка которой известна. Контроль передачи высотных отметок между монтажными горизонтами проводится электронным тахеометром спосо-

бом геодезического нивелирования при двух кругах. Построение горизонтальной плоскости плиты перекрытия лучше выполнять лазерным ротационным нивелиром I или II классов точности со средней квадратичной погрешностью не ниже 2,0 мм на 30 м.

Нужно отметить, что приведенные требования по точности определения расстояний, углов и превышений базируются на требованиях к геодезическим работам II и III классов точности в промышленном и гражданском строительстве соответственно

СНиП 3.01.03-84, а к точности разбивочных работ — ГОСТ 21779-82 (СТ СЭВ 2681-80). Однако возможно использование и более точных приборов.

Чтобы свести к минимуму влияние на результаты наблюдений рефракции и деформаций как строящегося сооружения, так и сооружения с ОРП, необходимо выполнять наблюдения в тихую погоду (ветер до 5 м/с) в разное время суток. Например, зимой наилучшее время с 11 до 15 часов, летом — утром и поздно вечером или даже ночью (использовать



Описанный метод применялся, в частности, при возведении этого жилого дома

функцию видимого лазерного луча), а для передачи точки Q по вертикали на следующие монтажные горизонты (с контролем линейной засечкой) — до 10 часов утра. Разметку можно выполнять как утром, так и поздно вечером. В случае возникновения вибраций, появления значительных выбросов пара и пыли наблюдения необходимо прекратить.

Описанный метод нашел успешное применение во время застройки жилого микрорайона «Позняки Западные» в Киеве (общеобразовательная школа на 36 классов с бассейном и зимним садом, 23-этажный односекционный жилой дом и 23-этажный четырехсекционный жилой дом с круговыми осями радиусом 41,400—55,650 м). Время, потраченное на разбивку характерных точек конструктивных элементов одной секции (включая время на пере-

дачу точки Q на монтажный горизонт), составляло в среднем три часа, которых вполне достаточно для выполнения работы в наиболее благоприятное для измерений время суток.

Целью данной разработки является сокращение времени на проведение разбивочных работ с соблюдением точности согласно нормативным документам и, как следствие, сокращение затрат на выполнение геодезических работ и, вообще, затрат на строительные монтажные работы за счет своевременного их выполнения, уменьшения простоя дорогого оборудования и механизмов, перерасхода энергоносителей и строительных материалов.

Владимир Власенко, Сергей Крячок

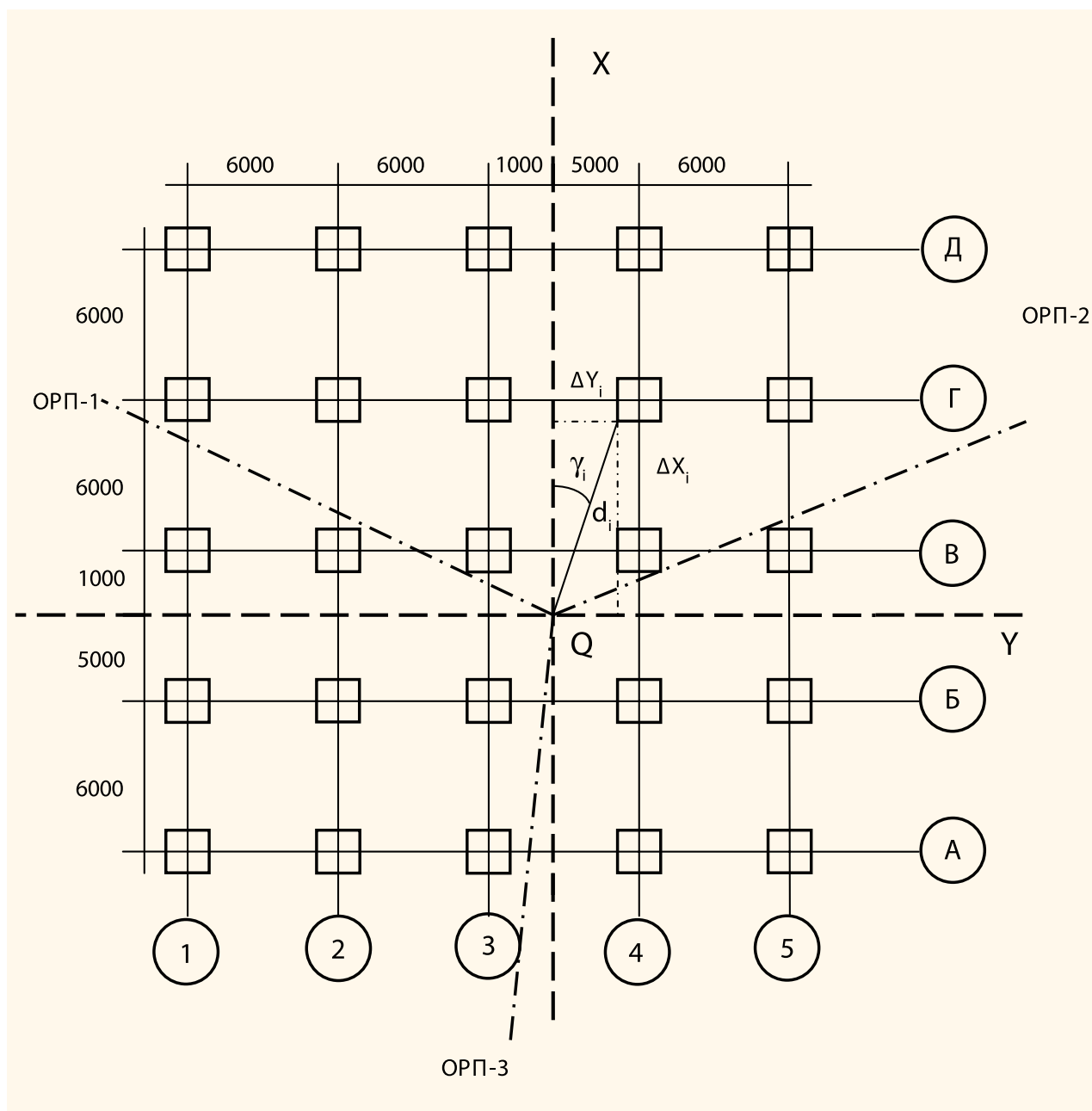


Схема 1. Расположение поперечного и продольного базисов в осевой системе сооружения