

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Канд. техн. наук, проф. НЕСТЕРЕНКО М. С.

Белорусский национальный технический университет

В нормативно-правовом документе Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь ТКП 45-1.03-26-2006 «Геодезические работы в строительстве» [1] и в соответствующем российском СНиП 3.01.03-84 «Геодезические работы в строительстве» [2], а также в Пособии [3] к документу [2] предусмотрены два способа проецирования внутренних разбивочных осей здания на монтажные горизонты: способ вертикальной плоскости относительно внешних опорных пунктов, применяемый для высот до 50 м, и способ вертикального луча, реализуемый сквозь специальные геодезические отверстия в межэтажных перекрытиях на большие высоты. На практике названные способы проецирования разбивочных осей зачастую не реализуются вследствие уничтожения опорных геодезических пунктов или досрочного прекращения видимости сквозь «геодезические отверстия в перекрытиях». С учетом реальных условий строительства необходимо применять не только основные способы проецирования осей согласно [1], но и предусматривать в проекте производства геодезических работ (ППГР) иные способы перенесения осей на монтажные горизонты, например: 1) способ горизонтальных углов (угловой засечки); 2) дальномерный (линейной засечки); 3) угломерно-дальномерный; 4) спутниковый. Первые три способа требуют сохранности внешних пунктов осевой геодезической основы здания на весь период его возведения.

Угловой способ передачи оси выполняется при помощи теодолита относительно внешних осевых пунктов закрепления основных разбивочных осей. Измеряется горизонтальный угол β_1 (на рис. 1а не показан) между нижней осевой

меткой N_1 и визирной целью T_1 монтажного горизонта. Редукционное перемещение e точки T_1 в створ оси BB вычисляется по формуле

$$e = d_1 \operatorname{tg} \beta_1 = d_1 \beta_1 / \rho, \quad (1)$$

где d_1 – горизонтальное расстояние от осевого пункта до точки T_1 ; $\rho = 206265$ – число секунд в радиане.

Аналогично определяется редукционное смещение b (рис. 1) визирной цели T_1 относительно направления разбивочной оси EE . Определяемая точка 1 – проекция на монтажный горизонт пересечения осей BB и EE находится на диагонали редукционного четырехугольника $p_1 = \sqrt{b_1^2 + e_1^2}$. Такими же действиями определяются остальные точки искомого контура 1–2–3–4, после чего измеряют все его стороны и диагонали. Если погрешности линейных размеров соответствуют требуемой геометрической точности полученного осевого контура, то его уравнивают приближенным способом и используют по назначению.

Для предварительных расчетов требуемой точности определения поперечных отклонений b и e при передаче оси на монтажный горизонт методом измерения горизонтальных углов можно использовать формулы:

- средней квадратической погрешности поперечного отклонения

$$m_6^2 = \sqrt{[(1,5Hm_\beta / \rho)^2 + m_{г.в}^2]} / 2 \leq 0,2\Delta_{\text{пред}}; \quad (2)$$

- соответствующей предельной погрешности согласно п. 4.4 ТКП [1]

$$\delta_{г.пред} = 2m_6 \leq 0,4\Delta_{\text{пред}}; \quad (3)$$

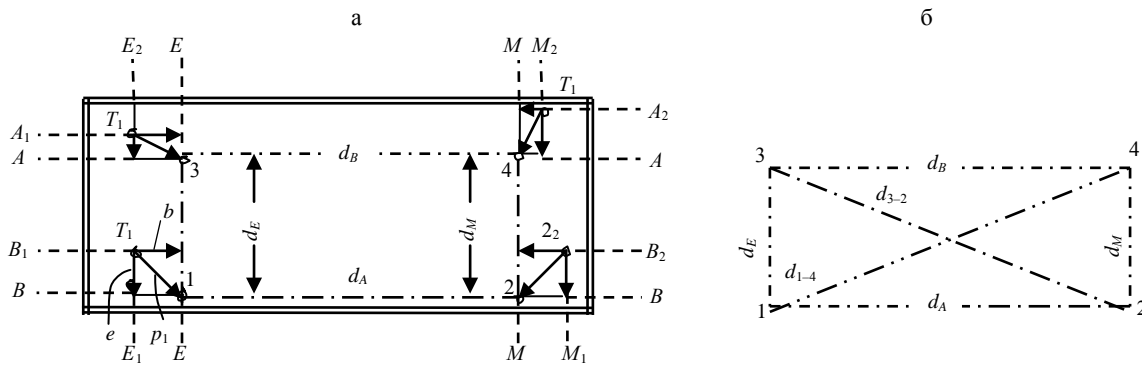


Рис. 1. Редуцирование осевых точек внутренней разбивочной основы на монтажном горизонте: а – редуцирование; б – контрольные измерения сторон геодезического четырехугольника

где $1,5H$ – горизонтальное расстояние от теодолита до стены здания высотой H ; $m_{г,в}$ – составляющая погрешности, вызванная внешними источниками погрешностей (центрирования, визирования и др.); $\Delta_{пред}$ – допустимое отклонение от вертикали осевых точек монтажного горизонта, установленное проектной документацией.

Расчетные средняя и предельная погрешности планового положения каждой из угловых точек фигуры 1–2–3–4, перенесенной на монтажный горизонт (рис. 3б), составляют:

$$m_{xy} = m_6 \sqrt{2}; \quad (m_{xy})_{пред} = 2m_{xy}. \quad (4)$$

При $H = 100$ м; $m_6 = 3''$; $m_{г,в} = 2$ мм находим $m_6 = 2,1$ мм $\leq 0,2\Delta_{пред}$ и получаем $m_{xy} = 3$ мм; $(m_{xy})_{пред} = 6$ мм.

Возможны два варианта **дальномерного способа** перенесения осей на монтажный горизонт – прямой (с опорных точек на определяемую) и обратный (измерения с определяемой точки). При этом разбивочные оси закрепляются внешними опорными пунктами, установленными на продолжениях осей и удалении от здания до $1,2-1,5H_n$ его полной высоты H_n . Например (рис. 2а, б), продольная габаритная ось BB закрепляется пунктами-дублерами $B_1, B_{1,2}$ и $B_2, B_{2,2}$, лежащими в общей створной плоскости. Аналогично пунктами-дублерами закрепляются габаритные оси AA, EE, MM . После возведения цоколя на нем отмечают осевые метки и укрепляют съемные створные светоотражатели, например в створной

плоскости BB – осевые метки и светоотражатели N_1 и N_2 .

Прямой дальномерный способ. Электронный тахеометр (рис. 2а) центрируют над внешним пунктом B_1 на станции ст. 1 и визируют на светоотражатель N_1 , наблюдатель переводит зрительную трубу на верх здания, где по его команде помощник выставляет светоотражатель T_1 в створную плоскость BB . Электронным тахеометром измеряют: угол наклона v_{N1} и расстояние D_{N1} на светоотражатель N_1 , а также угол наклона v_1 и расстояние D_1 на светоотражатель T_1 . Для контроля аналогичные измерения производят на пункте-дублере $B_{1,2}$. На станции ст. 2 после установки в створной плоскости светоотражателя T_2 измеряют углы наклона v_{N2} и v_2 , расстояния D_{N2} и D_2 и для контроля аналогичные измерения выполняют, установив электронный тахеометр над пунктом $B_{2,2}$. Описанные действия и измерения производят для передачи на монтажный горизонт осей AA, EE и MM .

Горизонтальное расстояние b_1 от светоотражателя T_1 до поперечной оси EE на монтажном горизонте (рис. 2а, б) вычисляется по формуле

$$b_1 = D_{N1} \cos v_{N1} + \Delta d_1 - D_1 \cos v_1, \quad (5)$$

где Δd_1 – горизонтальное расстояние между светоотражателем N_1 и вертикалью осевого пункта $1'$ исходного горизонта в проекции на створную плоскость BB .

Аналогично вдоль опорной линии EK_3 (рис. 2б) вычисляется горизонтальное расстоя-

ние e_1 между светоотражателем и вертикалью

осевого пункта 1'.

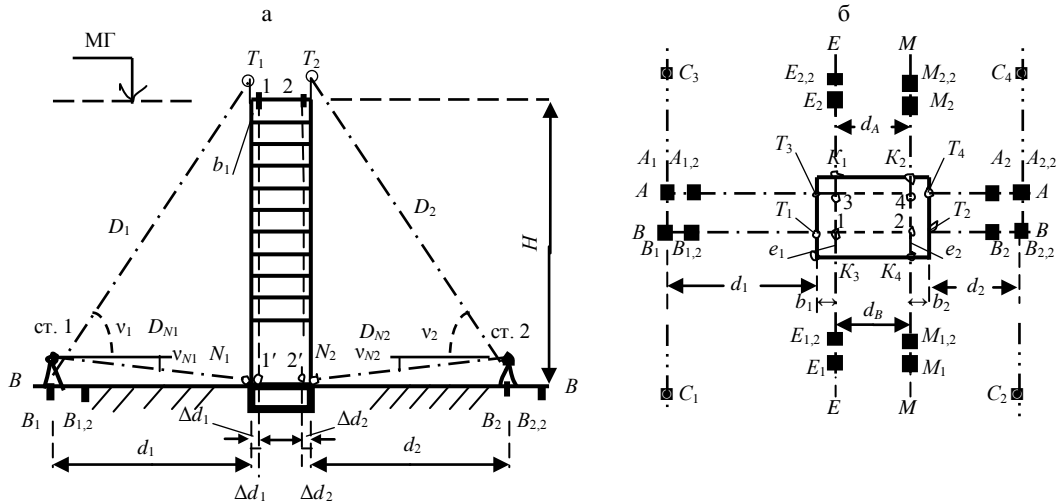


Рис. 2. Перенесение осей на монтажный горизонт прямым дальномерным способом:
а – схема перенесения по оси BB ; б – внешние пункты разбивочной основы

На рис. 1 показаны величины и направления редуционных отрезков b_1 и e_1 относительно точки T_1 центрирования светоотражателя и результирующий редуционный отрезок p_1 – расстояние от светоотражателя до искомого осевого пункта 1 на монтажном горизонте. По такой же схеме производятся измерения расстояний и вертикальных углов по всем четырем опорным направлениям, вычисления и перенос осевых точек монтажного горизонта в проектное положение, образующее фигуру 1–2–3–4, в которой необходимо измерить горизонтальные размеры сторон и диагоналей согласно рис. 1б. Если фактические размеры отличаются от проектных в пределах погрешностей переноса осей, то взаимное положение вынесенных осевых точек увязывают упрощенным способом. В противном случае перенос искомых точек необходимо повторить.

Погрешность редуционного отрезка b_1 оценивается по формуле

$$m_b^2 = m_D^2 \cos^2 v_{N1} + m_{\Delta d_1}^2 + m_D^2 \cos^2 v_1 + m_{\text{цт}}^2 + m_{\text{цо}}^2 + m_{\text{фо}}^2, \quad (6)$$

где m_D – погрешность светодальномера; $m_{\Delta d_1}$, $m_{\text{цт}}$, $m_{\text{цо}}$, $m_{\text{фо}}$ – соответственно погрешности измерения отрезка Δd_1 ; центрирования тахеометра и светоотражателя, фиксации осевой точки. При $m_D = 2$ мм; $v_{N1} = 2^\circ$; $m_{\Delta d_1} = 3$ мм; $v_1 = 40^\circ$; $m_{\text{цт}} = m_{\text{цо}} = m_{\text{фо}} = 1$ мм находим $m_b = 4,4$ мм.

Аналогично оценивается величина редуционной погрешности e_1 . При $m_b = m_e$ погрешность выноса точки 1 составляет

$$m_1 = m_b \sqrt{2} = 6 \text{ мм}. \quad (7)$$

Обратный дальномерный способ. Электронный тахеометр поочередно устанавливают на монтажном горизонте (рис. 3а), например вблизи осевых точек 1_r , 2_r , а светоотражатель центрируют над соответствующими опорными осевыми пунктами. Измеряют расстояния до светоотражателей и соответствующие углы наклона.

Искомая точка 1_r на монтажном горизонте МГ (рис. 3а) лежит вблизи створной плоскости BB на горизонтальном расстоянии d_1 от створного пункта T_1

$$d_1 = D_N \cos v_N + D_1 \cos v_1 + \Delta d_1 = D_2 \cos v_2 + b, \quad (8)$$

где Δd_1 – осевое расстояние между вертикалью $1-1_r$ и точкой N_1 ; откуда на монтажном горизонте горизонтальное редуционное расстояние b в направлении B_1B_2 (рис. 3а)

$$b = d_1 - D_2 \cos v_2. \quad (9)$$

Аналогично рассчитывается редуционное расстояние e вдоль оси EE по величинам соответствующих измеренных расстояний и их углов наклона. Погрешность положения определяемой точки 1_r оценивается по формуле (7) и близка к 6 мм.

При контрольных определениях редуционных отрезков b и e расхождение их значений

$\Delta b = b' - b''$ может быть ограничено допустимой величиной (мм)

$$\Delta b = 0,4(0,00005H + 3) \leq \Delta b_{\text{пред}}, \quad (10)$$

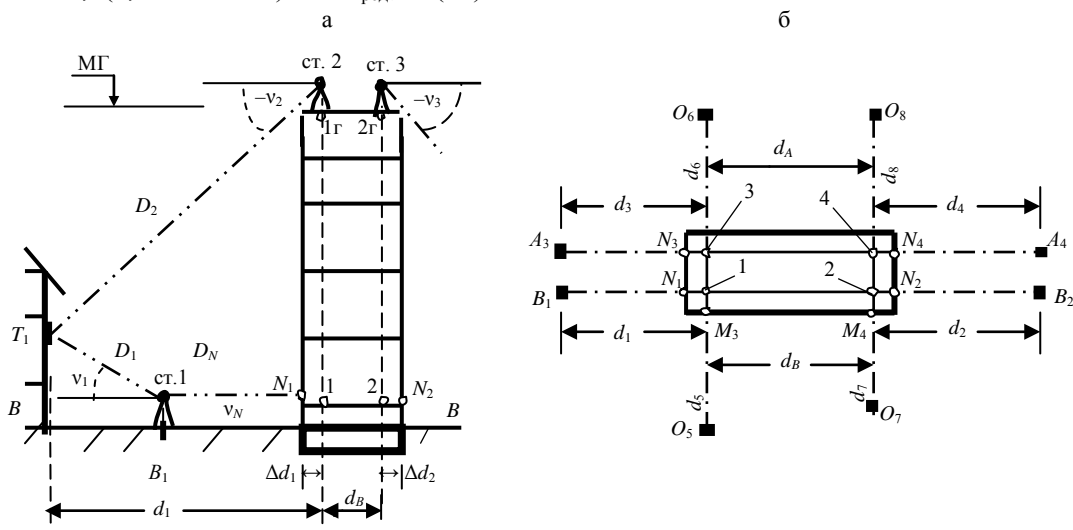


Рис. 3. Перенесение осей на монтажный горизонт по варианту обратного дальномерного способом в стесненных условиях: а – схема измерения вертикальных углов и наклонных расстояний вдоль оси BB; б – перенесение осей на монтажный горизонт: T₁ – светоотражатель

Угломерно-дальномерный способ передачи осей на монтажный горизонт предусматривает комбинирование способов, рассмотренных выше, обеспечивает повышение точности результатов работы, но требует сохранности пунктов внешней разбивочной основы на весь период строительства.

Спутниковый способ перенесения осевых точек на монтажные горизонты современных высотных зданий (до 500 м) применяется в практике строительства ведущих зарубежных фирм. Одна из схем спутникового способа предусматривает одновременную работу пяти GPS-приемников: базовый приемник установлен над постоянным наземным опорным пунктом вблизи объекта строительства, четыре мобильных приемника – на монтажном горизонте вблизи осевых точек. В результате компьютерной обработки сигналов, принятых со спутников, пространственные прямоугольные координаты угловых точек базисной фигуры 1–2–3–4 (рис. 1б) определяются с погрешностью 3–4 мм в плане и 6–8 мм по высоте, при необходимости учитываются поправки на искривления линий гравитационного поля Земли. За счет компьютерного уравнивания координат базисной фигуры ее точность повышается.

Спутниковый метод в настоящее время относится к дорогостоящим, но с его применением радикально упрощается схема геодезической разбивочной основы стройплощадки и уменьшаются заботы по ее сохранности, отпа-

дает надобность в «геодезических отверстиях» по высоте здания и устраняются соответствующие усложнения в передаче разбивочных осей по вертикали.

ВЫВОДЫ

1. При сложной ситуации на современных строительных площадках зачастую невозможно обеспечить сохранность геодезических пунктов разбивочной основы и реализовать проект производства геодезических работ (ППГР), основанный на применении нормативных способов [1] передачи осей на монтажные горизонты, особенно при возведении высотных зданий.

2. С учетом функциональных возможностей современных геодезических приборов в ППГР необходимо предусматривать более рациональные свободные схемы геодезической разбивочной основы и применять соответствующие альтернативные способы перенесения осей на монтажные горизонты, например способ горизонтальных углов (угловой засечки), дальномерный (линейной засечки), угломерно-дальномерный, спутниковый.

3. Спутниковый метод обеспечивает радикальное упрощение схемы геодезической разбивочной основы стройплощадки, необходимую сохранность опорных пунктов и эффективные технологии передачи разбивочных осей на монтажные горизонты.

ЛИТЕРАТУРА