

Геодезическое обеспечение геометрической точности строительства здания Национальной библиотеки РБ

Нестеренок М.С., Вексин В.Н., Нестеренок В.Ф.
Белорусский национальный технический университет

Технологический процесс геодезического сопровождения строительства Национальной библиотеки разделяется на две составляющие: 1–позтапные геодезические разбивочные работы; 2–позтапные исполнительные съемки. Разбивки и исполнительные съемки производятся относительно одних и тех же постоянных геодезических пунктов разбивочной основы, расположенных внутри контура здания и за его пределами. Точность геодезических измерений при разбивках и исполнительных съемках должна обеспечивать выполнение норм геометрической точности строительства, указанных в СНиП 3.03.01-87 [1].

Поскольку в проекте производства геодезических работ (ППГР) [2] не была оговорена требуемая точность Δ_r разбивочных геодезических работ и исполнительных съемок, то для рассматриваемого объекта значения Δ_r обоснованы в научно-техническом отчете [3] в двух вариантах: а) при использовании оптических геодезических приборов и стальных рулеток $\Delta_r = \Delta_{ГО} = 0,2\Delta_{СП}$; б) применяя лазерные дальнометры и электронные тахеометры с учетом их точности значения допусков $\Delta_r = \Delta_{ГЭ} = 0,33\Delta_{СП}$, где $\Delta_{СП}$ – допустимые отклонения строительных конструкций от проектного положения согласно [1].

Опорные пункты внутренней плановой разбивочной геодезической основы определены в единой строительной системе прямоугольных координат XU с погрешностью не грубее 1-1,5мм. Отметки исходных строительных реперов определены в строительной системе высотных координат с погрешностью не больше 1 мм относительно группы ближайших исходных реперов.

В соответствии с обоснованными значениями $\Delta_{ГО}$ и $\Delta_{ГЭ}$ средняя квадратическая погрешность (СКП) m_{xy} взаимного планового положения пунктов, закрепляющих основные и дополнительные оси за пределами контура здания, должна отвечать требованию

$$m_{xy} = (0,2 - 0,33)\Delta_{СП} = \pm(2 - 3,3)мм, \quad (1)$$

где согласно СНиП [1] (таблицы 9, 11 и др.) для бетонных, железобетонных и стальных конструкций допустимые их отклонения от проектного положения в плане $\Delta_{СП} = \pm 10\text{мм}$.

Взаимное в плане положение пунктов внутренней разбивочной основы должно определяться геодезическими измерениями на текущем монтажном горизонте с учетом условия (1) с допустимой погрешностью

$$m_{xy} = 0,33\Delta_{СП} \approx \pm 3,3\text{мм}. \quad (2)$$

Дополнительно к требованию (2) допустимые горизонтальные погрешности переноса осей на монтажный горизонт для зданий и сооружений высотой $H > 60\text{м}$ заданы в ГОСТ 21779-82 при первом классе точности в среднем как 1:10000 от высоты H . Следовательно для всей системы взаимно сопряженных в плане пунктов разбивочной основы на монтажном горизонте допускается отклонение от вертикали (крен) относительно нулевой отметки

$$(\Delta_{\text{КРЕН}})_{\text{доп}} = H / 10000 + (1 \div 2 \text{ мм на высотах } H \text{ до } 10 - 15\text{м}). \quad (3)$$

При высоте над нулевой отметкой $H = 12\text{м}$ находим $(\Delta_{\text{ПРКЦ}})_{\text{доп}} = \pm (2 \div 3)\text{мм}$, при $H = 72\text{м}$ $(\Delta_{\text{КРЕН}})_{\text{доп}} = \pm 7\text{мм}$.

Точность геодезических разбивок конструкций по высоте назначается соответственно условиям (1) и (2)

$$\Delta_{\Gamma} = 0,2\Delta_{\text{СПВ}}; \Delta_{\Gamma} = 0,33\Delta_{\text{СПВ}}, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{СПВ}}$ – допуски на отклонение конструкций по высоте согласно СНиП 3.03.01-87.

Для достижения указанных выше параметров точности в [3] дан перечень рекомендуемых геодезических приборов для выполнения разбивочных работ и исполнительных съемок.

1. Высокоточные теодолиты, предназначены для разбивок осей относительно пунктов внешней разбивочной основы, расположенных на расстояниях до 100÷120м от центра ядра жесткости здания.

2. Точные и специальные теодолиты для внутренних разбивочных работ относительно пунктов внутренней разбивочной основы на соответствующих монтажных горизонтах.

3. Приборы для передачи на монтажный горизонт точек внутренней разбивочной основы методом отвесного проецирования оптическим или лазерным лучом. Оптический прибор вертикального проецирования PZL-100 в котором применен маятниковый компенсатор самоустановки визирного луча. Точ-

ность вертикального проецирования составляет ± 1 мм на 100м высоты, точность центрирования над опорным пунктом $\pm 0,2$ мм. Кафедра инженерной геодезии БНТУ располагает названным прибором и в рамках договора о творческом сотрудничестве участвует в вертикальных разбивках конструкций строящегося объекта.

Лазерный зенит-прибор LV1 фирмы Sokkia характеризуется точностью проецирования в зенит $\pm 5''$ или $\pm 2,4$ мм на 100м высоты.

4. Многофункциональные электронные тахеометры предназначены для разбивочных работ и исполнительных съемок как относительно пунктов внешней, так и внутренней разбивочной основы с использованием пространственных проектных координат точек строительных конструкций.

Тахеометры электронные марки TSR/303 фирмы Leica. Программные возможности включают в частности обратную засечку и вынос в натуру точки по проектным трехмерным координатам, рассчитанным авторами в отчете [3].

5. Ручные лазерные дальномеры безотражательные (лазерные рулетки DISTO pro) обладают точностью измерения 1,5мм (максимальная погрешность 3мм), дальность от 0,3 до 100м, память на 800 результатов, вычисление геометрических параметров и наклона конструкций и др.

6. Оптические нивелиры фирмы типа ЗНЗКЛ (в рабочем положении прибор автоматически сохраняет горизонтальность визирного луча с погрешностью 1мм на 100м, диапазон работы компенсатора $\pm 15'$, минимальное расстояние визирования 1,2м)

7. Нивелирные рейки. Для разбивочных работ с помощью нивелиров, названных в п.6, пригодны рейки РН-3000. Для высокоточных работ рекомендуется рейка нивелирная телескопическая алюминиевая с миллиметровой шкалой TS3-3E.

На этапе строительства пока существует прямая видимость между парой осевых знаков с противоположных сторон объекта точность оптического проецирования (при двух положениях вертикального круга) оси на строительные конструкции $m_{пр}$ составляет

$$m_{пр} = \sqrt{[L \times \operatorname{tg}(\Delta\beta)]^2 + (m_{\text{фиксац.}})^2}, \quad (5)$$

где L – расстояние до точки проекции; $\Delta\beta$ – погрешность визирувания по створу.

При $L=60\text{м}$, $\Delta\beta=5''$ определяем $m_\beta = 1,5\text{мм}$, с учетом погрешности фиксации точки осевой метки $m_{\text{фиксац}} \approx 1\text{мм}$ получаем оценку $m_\beta \approx 1,6\text{мм}$, не нарушающую значение Δ_T для точности проецирования.

Способ вертикального проецирования реализуется с помощью оптического зенит-прибора PZL, погрешность проецирования указана выше.

Электронные тахеометры, предназначенные также для строительных разбивочных работ и исполнительных съемок, применяются для проецирования опорных точек и осей на монтажный горизонт относительно геодезических осевых знаков, закрепленных за пределами контура возводимого объекта или же расположенных на объекте в зоне монтажного горизонта. Для осуществления задачи проецирования и передачи отметки должны быть известны прямоугольные координаты $X_{\text{СТ}}$, $Y_{\text{СТ}}$, и $H_{\text{СТ}}$ точки, над которой установлен тахеометр, а также проектные координаты X_i , Y_i , и H_i определяемых точек задаются параллельно осям X и Y координатной сетки стройплощадки.

Для оценки достижимой точности выноса точки полярным способом применена формула

$$m_1 = \sqrt{(D/\rho'')^2 m_\alpha^2 + m_D^2 + m_{\text{фиксац}}^2}, \quad (6)$$

где D – дальность; $\rho''=206265$; m_α – погрешность измерения дирекционного проектного угла; m_D – погрешность дальности по светодальномеру; $m_{\text{фикс}}$ – погрешность фиксации искомой точки.

При $D=100\text{м}$; $m_\alpha = 6''$; $m_D = 5\text{мм}$; $m_{\text{фикс}} = 1\text{мм}$ ожидаемая погрешность определения местоположения точки 1 $m_1 \approx 6\text{мм}$.

В случае использования электронного тахеометра TCR/303 $m_D = 2\text{мм}$ тогда $m_1 \approx 3\text{мм}$. Прямой вынос осевой разбивочной точки возможен только при существовании прямой видимости между тахеометром и отражателем, но при наращивании высоты здания прямая видимость как правило отсутствует, поэтому к выносу необходимо рассчитывать по координатам вспомогательные разбивочные точки.

В процессе строительства может возникнуть целесообразность установки электронного тахеометра на уровне монтажного горизонта и определения его координат X , Y и H решением обратной засечки по измеренным дальностям, горизонтальным углам и углам наклона до отражателей, установленных не менее чем на трех наземных пунктах геодезической основы стройплощадки.

Оценка точности определения плановых координат способом обратной линейной засечки по двум расстояниям в горизонтальной проекции выражается формулой (без учета ожидаемых погрешностей опорных пунктов ≈ 1 мм)

$$m_{обр} \approx (m_d / \sin \gamma) \sqrt{2}, \quad (7)$$

где γ – угол между линиями засечки; $m_d = m_{D} \cos \nu$ – погрешность светодальномера в проекции на горизонтальную плоскость.

Погрешность искоемых координат минимальна при угле засечки $\gamma \approx 90^\circ$.

Для измерений превышения и передачи отметок по высоте рассмотрено применение лазерного дальномера DISTO.

Оценку погрешности $m_{мг}$ передачи отметки на монтажный горизонт можно рассчитать по формуле

$$m_{мг} = \sqrt{4m_a^2 + m_l^2 + 2m_c^2}, \quad (9)$$

где m_a – погрешности отсчетов по нивелирной рейке; m_l – погрешность дальномера; m_c – погрешности фиксации высотных точек. Расчетное значение $m_{мг} \approx 3\div 4$ мм обеспечивает требуемую точность передачи высот.

Рассмотренные методы и приборы для разбивочных геодезических работ обеспечивают требуемую геометрическую точность строительства Национальной библиотеки РБ.

Литература

1. СНиП 3.03.01-87. «Несущие и ограждающие конструкции». Госстрой СССР. М.: АПП ЦИТП. 1991.

2. Проект производства геодезических разбивочных работ. Технический отчет. ОАО «Габарит». Мн.: 2002.

3. Научное исследование геодезического сопровождения строительства высотного здания книгохранилища Национальной библиотеки Республики Беларусь: Научно-технический отчет. Международный образовательный центр. БНТУ, Минск 2003.