

случае в результаты измерения отклонений наблюдаемых точек от створа вводят поправки.

При комбинированном методе наблюдений в сравнении с методом триангуляции уменьшается объём измерений, в сравнении со створным методом – выше достоверность результатов измерений за счет определения возможных смещений концевых точек вспомогательного створа.

Традиционные методы контроля смещения, например плотины, очень трудоёмки. Использование же лазерной автоматической системы (ЛАС) позволяет автоматизировать процесс измерений и обеспечить оперативность получения информации в текущий момент времени.

## 8.10. Измерение кренов зданий и сооружений

Крен зданий и сооружений измеряют несколькими способами: вертикального проецирования с использованием отвеса, теодолита или прибора оптического вертикального визирования; горизонтальных углов, угловых засечек.

Общая схема измерения крена (отклонения) способом вертикального проецирования состоит в перенесении по отвесной линии верхней точки  $B$  здания (рис.75,а) на исходную горизонтальную плоскость. Отклонение точки  $B'$  от исходной точки  $A$  здания характеризует линейную  $l$  и угловую  $\alpha$  величины крена.

Самым простым способом проецирования является использование тяжёлого отвеса. Его закрепляют в точке  $B$ , а отклонения нити отвеса от исходной точки  $A$  здания измеряют миллиметровой линейкой в двух взаимно перпендикулярных плоскостях здания и вычисляют общую линейную величину крена по формуле

$$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}. \quad (53)$$

Относительную величину крена вычисляют по формуле

$$i = \frac{l}{h}, \quad (54)$$

где  $h$  – высота здания, м.

Угловую величину крена  $\alpha$ , которая определяет его направление, вычисляют по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (55)$$

В связи с неудобствами, связанными с закреплением отвеса в верхних точках, а также влиянием действия ветра на величину отклонения нити отвеса от вертикали, его используют при высоте зданий и сооружений до 15 м.

При большей высоте, а также для повышения точности измерения крена вертикальное проецирование верхних точек выполняют с помощью теодолита. Его устанавливают над постоянным знаком на продолжении стены здания примерно на расстоянии двойной его высоты. Выбирают в верхней части стены хорошо различаемую точку  $B$  (рис.75,б), наводят на неё зрительную трубу, которую затем опускают вниз. По вертикальной нити зрительной трубы на миллиметровой линейке берут отсчет, измеряя тем самым отклонение точки  $B'$  от исходной точки  $A$  на величину  $\Delta Y$ . Аналогично измеряют отклонение  $\Delta X$  в другой вертикальной плоскости и вычисляют общую линейную  $l$  и угловую  $\alpha$  величины крена по формулам (53) и (55).

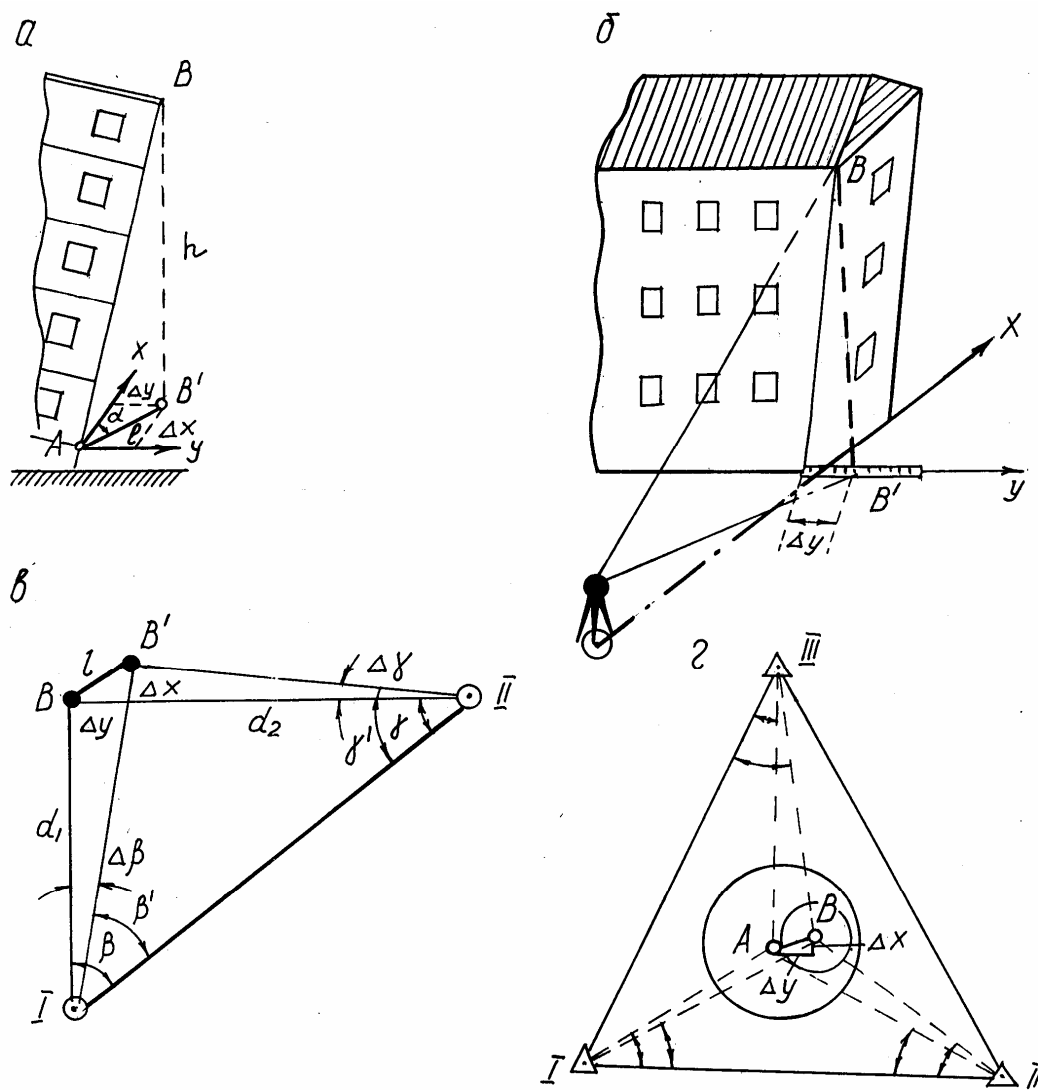


Рис.75. Схема измерения кренов зданий и сооружений:  
 а – общий случай способа вертикального проецирования;  
 б – с помощью теодолита; в – способом горизонтальных углов;  
 г – способом угловых засечек

Наблюдения за изменениями величины крена и его направлением выполняют периодическими измерениями с одних и тех же постоянных знаков.

При измерении кренов зданий и сооружений высотой до 100 м используют приборы оптического вертикального визирования, которые позволяют определять составляющие крена с точностью до 1 мм.

При измерении кренов способом горизонтальных углов (рис.75,в) с закрепленных постоянных знаков I–II высокоточным теодолитом периодически измеряют горизонтальные углы  $\beta$  и  $\gamma$  между опорными направлениями I–II, II–I (или другими постоянными точками на местности) и направлениями на наблюдаемую верхнюю точку здания  $B$ . По разности углов  $\beta$  и  $\gamma$  между циклами измерений вычисляют составляющие крена  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  по формулам:

$$\Delta X = \frac{d_1 \Delta \beta}{\rho''}; \quad \Delta Y = \frac{d_2 \Delta \gamma}{\rho''}, \quad (56)$$

где  $d_1$  и  $d_2$  – горизонтальные проложения от теодолита до наблюдаемой точки  $B$ ;

$$\Delta \beta = \beta - \beta'; \quad \Delta \gamma = \gamma - \gamma'.$$

Общий крен и его направление вычисляют по формулам (53) и (55).

При измерении крена способом угловых засечек (рис.75,г) вокруг сооружения на расстоянии не менее одной и не более двух его высот закрепляют опорные пункты I, II и III, прокладывают полигонометрический ход и методом триангуляции вычисляют их координаты. С этих пунктов прямой угловой засечкой определяют координаты точек  $A$  и  $B$  по оси сооружения у его основания и на вершине (или только на вершине).

При измерении углов принимают во внимание, что ошибка в одну секунду создает погрешность в определении крена до 0,5 мм на каждые 100 м расстояния. Для определения направления на наблюдаемую точку около измеренных углов ставят букву «Л» или «П», обозначающую расположение точки  $A$  слева или справа относительно створа со станции на точку  $B$ .

По разности координат точек  $A$  и  $B$  (или одной точки  $B$ ) в начальном и последующих циклах наблюдений вычисляют составляющие отклонения  $\Delta X$  и  $\Delta Y$  за данный промежуток времени:

$$\Delta X = X_i - X_o; \quad \Delta Y = Y_i - Y_o. \quad (57)$$

Общие линейную  $l$  и угловую  $\alpha$  величины крена определяют по формулам (53) и (55).

Способ угловой засечки в основном применяют при определении кренов сооружений башенного типа (дымовых труб, силосных башен, мачт и других вертикальных линий).

При наблюдениях за кренами зданий и сооружений предельная погрешность измерений составляет: для стен гражданских и промышленных зданий – 0,0001  $h$ ; для дымовых труб, башен, мачт – 0,0005  $h$ , где  $h$  – высота здания или сооружения.

Для измерения крена колонн высотой до 5 м используют отвес, а для более высоких – теодолит (рис.76). Его устанавливают на двух взаимно перпендикулярных направлениях разбивочных осей колонны на расстоянии  $1,5h$  её высоты. Наводят вертикальную нить зрительной трубы на верхнюю монтажную риску колонны  $A'$ . Проецируют её на миллиметровую линейку, горизонтально приложенную началом шкалы к нижней монтажной риске  $A$ , и устанавливают величину отклонения  $\Delta Y$ . Эту операцию повторяют при другом положении круга теодолита и находят среднее значение  $\Delta Y$ . Таким же образом устанавливают среднее значение  $\Delta X$  с другой станции. Общую величину крена  $l$  и направление его (относительно оси  $A$ ) определяют по формулам (53) и (55)

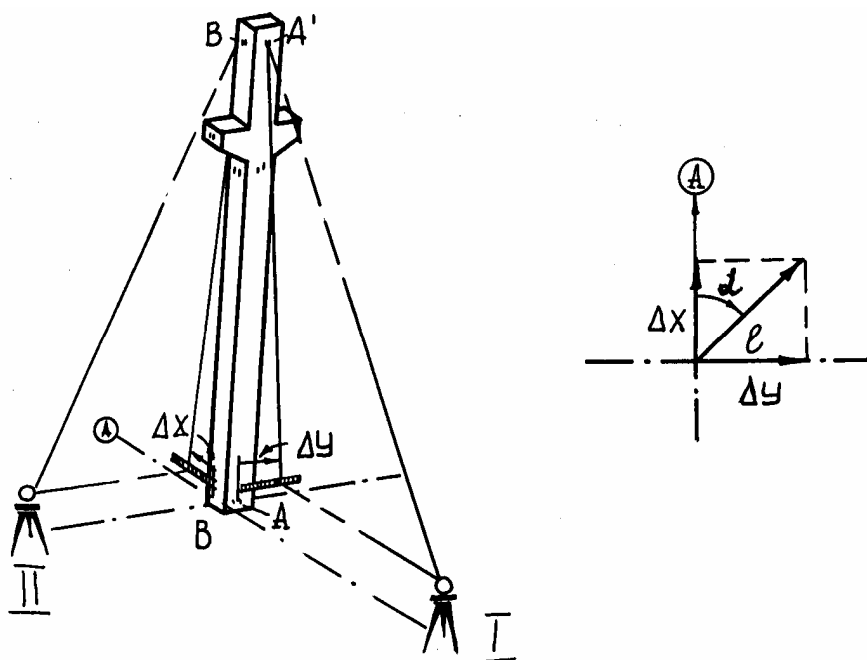


Рис.76. Схема измерения крена колонны

### 8.11. Измерение деформаций фотограмметрическим методом

Недостатком всех рассмотренных методов измерения осадок, горизонтальных смещений и кренов является то, что измеряется лишь одно смещение – вертикальное или горизонтальное. В отличие от применяемых методов измерения метод фотограмметрической съемки дает возможность одновременно и, что важно, одним прибором измерять смещения неограниченного количества наблюдаемых точек здания или сооружения по двум направлениям координатных осей: по вертикали  $Z$  и слагающей горизонтального смещения  $X$ , а стереофотограмметрический метод – по трём направлениям:  $Z$ ,  $X$  и  $Y$  (рис.77).