

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИН И НАПРАВЛЕНИЙ ИЗГИБОВ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИЗОЛИРОВАННЫХ ПУНКТОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Позняк А.С., Крупица С.М.

Белорусский национальный технический университет

Высотные инженерные сооружения являются уникальными объектами, обладающими повышенной чувствительностью к изменениям несущей способности грунтов основания, воздействиям химически агрессивной среды, температурным перепадам, ветровым нагрузкам и другим факторам, способным привести к потере устойчивости и разрушению сооружения. Поэтому в проектах строительства высотных сооружений, таких как вентиляционные и дымовые трубы, различные мачты, предусматривается проведение геодезических измерений деформаций как при строительстве, так и в процессе эксплуатации.

Наиболее характерным показателем деформаций высотных сооружений являются изгибы - отклонения от проектного положения или крены – отклонения от вертикального положения. Для определения величин и направлений (ориентировки) кренов или изгибов используют следующие геодезические методы:

- координат, когда для верхней (В) и нижней точек (Н) сооружения определяют координаты и, решив обратную геодезическую задачу, получают величину К и направление крена α_K

$$K = \sqrt{(X_B - X_H)^2 + (Y_B - Y_H)^2},$$

$$\alpha_K \rightarrow r_K = \arctg \left[\frac{Y_B - Y_H}{X_B - X_H} \right];$$

- вертикального (отвесного) проецирования коллимационной плоскостью теодолита верхней и нижней точек сооружения на горизонтально расположенную рейку (линейку);

- направлений (измерений горизонтальных углов);
- высокоточного нивелирования осадочных марок;
- стереофотограмметрический и другие.

В стесненных условиях застроенной территории часто приходится применять способ горизонтальных углов, в котором величина результирующего крена определяется по формуле:

$$K = \frac{\sqrt{K_1^2 + K_2^2 - 2K_1K_2 \cos \gamma}}{\sin \gamma},$$

где K_1 и K_2 – частные составляющие крена, определяемые с двух пунктов; γ – угол засечки.

Недостатком этого способа является то, что направление крена практически приходится определять графически из построений частных и результирующего кренов в соответствии с принятым масштабом. Для аналитического определения направления крена предлагается использовать проекции результирующего крена на оси прямоугольных геодезических координат. Из рис. 1 видно, что

$$K_1 = L_1 + L_2, \quad L_1 = \frac{K_x}{\cos \alpha_{k_1}}, \quad L_2 = L_4 \sin \alpha_{k_1},$$

$$L_4 = K_y - L_3, \quad L_3 = K_x \operatorname{tg} \alpha_{k_1}.$$

Тогда можно записать

$$K_1 = \frac{K_x}{\cos \alpha_{k_1}} + K_y \sin \alpha_{k_1} - \frac{K_x \sin^2 \alpha_{k_1}}{\cos \alpha_{k_1}} =$$

$$= \frac{K_x \left(-\sin^2 \alpha_{k_1} \right)}{\cos \alpha_{k_1}} + K_y \sin \alpha_{k_1} = K_x \cos \alpha_{k_1} + K_y \sin \alpha_{k_1}$$

Принимая дирекционный угол направления частного крена

$$\alpha_{k_1} = \alpha_1 \pm 90^\circ,$$

(в этом случае $\sin \alpha_{k_1} = \cos \alpha_1$, $\cos \alpha_{k_1} = -\sin \alpha_1$) получим

$$K_1 = -K_x \sin \alpha_1 + K_y \cos \alpha_1$$

Аналогично, если рассматривать крен со второй станции

$$K_2 = -K_x \sin \alpha_2 + K_y \cos \alpha_2$$

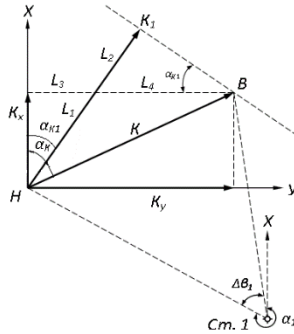


Рис. 1. Схема наблюдения крена со станции 1

Решая эти уравнения с двумя неизвестными, получим

$$K_x = \frac{K_1 \cos \alpha_2 - K_2 \cos \alpha_1}{\sin \alpha_2 \cos \alpha_1 - \sin \alpha_1 \cos \alpha_2},$$

$$K_y = \frac{K_1 \sin \alpha_2 - K_2 \sin \alpha_1}{\sin \alpha_2 \cos \alpha_1 - \sin \alpha_1 \cos \alpha_2}.$$

Величину результирующего крена K и румб его направления r_k получаем по формулам

$$K = \sqrt{K_x^2 + K_y^2}, \quad r_k = \arccos\left(\frac{K_x}{K}\right).$$

Переход от румба r_k к дирекционному углу α_k осуществляется по известным формулам.

Приведенные формулы использованы в компьютерной программе вычислений кренов сооружений и их конструктивных элементов на различных высотных горизонтах, позволяющей определять величины кренов, их ориентировку и получать на принтере соответствующие таблицы и графики.

В течение многих лет кафедрой инженерной геодезии БНТУ выполнялись наблюдения деформаций вентиляционных и дымовых труб на различных химических предприятиях. Исходными данными для компьютерных расчетов и графических построений являлись: количество труб и наблюдаемых высотных горизонтов, дирекционные углы (α_1 и α_2)

и горизонтальные расстояния (d_1 и d_2) с каждого пункта (Π_1 и Π_2) до нижних центров труб, углы наклона на каждый горизонт и частные крены в угловой мере (сек), полученные геодезическими методами. Результаты вычислений представляются в виде таблиц и графиков, в которых для каждого высотного горизонта указываются направление (α) и величина полного (результатирующего) крена (К). Ниже приведен фрагмент таблицы (рис. 2) величин и направлений изгибов труб.

№ горизонта	Угол наклона		Частный крен		Высота Н, м	Полный крен	
	Π_1 , гр.	Π_2 , гр.	Π_1 , сек.	Π_2 , сек.		К, мм	α , гр.
Т р у б а 1,	$\alpha_1 = 145^\circ$,		$d_1 = 166$ м,		$\alpha_2 = 227^\circ$,	$d_2 = 200$ м	
1	14	14	0	0	47	0	0
2	22	18	55	0	68	45	227
3	27	23	135	9	86	105	230
4	33	28	213	46	109	150	237
Т р у б а 2,	$\alpha_1 = 129^\circ$,		$d_1 = 84$ м,		$\alpha_2 = 178^\circ$,	$d_2 = 57$ м	
1	4	5	0	0	7	0	0
2	24	33	39	153	40	45	288
3	38	40	31	132	50	60	321

Рис. 2. Результаты измерений и вычислений кренов труб

Данные подобных таблиц и графиков на определенный период времени характеризуют пространственное положение вентиляционных и дымовых труб, подверженных влиянию химически агрессивной среды и других факторов, и могут быть использованы в работе строителями и работниками технического надзора за высотными инженерными сооружениями.

Литература

1. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами. – М.: Стройиздат, 1981. – 56 с.
2. Нестеренок, М.С. Геодезия: учебник для техникумов / М.С. Нестеренок, В.Ф. Нестеренок, А.С. Позняк. – Мн.; Университетское, 1993, - 215 с.