УДК 528.48

И.С.Пандул
Санкт-Петербургский горный ин-т, Россия

НОВЫЕ ФОРМУЛЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ КРЕНА ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЕННОГО В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Приведены новые формулы для вычисления крена высотных сооружений.

The new formulas for calculation of a roll of high-altitude structures are given.

Регулярные измерения осадок и кренов сооружений позволяет контролировать процесс их эксплуатации. Крен является характерным показателем деформации высотного сооружения. Он вызывает развитие дополнительного момента, который может привести к потере устойчивости всего сооружения. Измерения крена дают возможность выявить изменения в техническом состоянии объектов и наметить мероприятия для ликвидации дефектов, которые могут впоследствии привести к аварии и устранение которых потребует больших материальных и денежных средств. Необходимо не только выявлять пространственное положение сооружений, но и следить за развитием деформаций во времени, что позволит заранее принять необходимые меры.

Крен сооружений может быть определен различными способами. Наиболее распространены: способ высокоточного нивелирования, способ координат, способы направлений и малых углов, способ вертикального проектирования*. Способ высокоточного нивелирования не позволяет выявить деформации верхней части сооружения. Способ координат требует предварительного создания опорной геодезической сети вокруг наблюдаемого объекта, т.е. дополнительных расходов времени и средств. Способы направлений и малых углов обрабатывают практически одинаково. Оптимальные углы засечек θ при определении крена с двух направлений – 90°, а с трех – 60°. Однако территория вокруг объекта наблюдений (трубы или здания башенного типа), как правило, застроена зданиями и сооружениями, которые закрывают обзор объекта снизу до 1/3 или 1/2 его высоты. Приходится выбирать места, с которых исследуемое сооружение видно от подошвы фундамента на всю высоту. Угол засечки θ становится острым (см. рисунок). Обозначим на рисунке θ – угол засечки; γ_1 и γ_2 – горизонтальные углы в пунктах 1 и 2 между направлениями на центры нижнего (Н) и верхнего (В) сечений наблюдаемого объ-

* Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами / Центр. н.-и. и проект.-эксперим. ин-т организации, механизации и техн. помощи стр-ву Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1981.

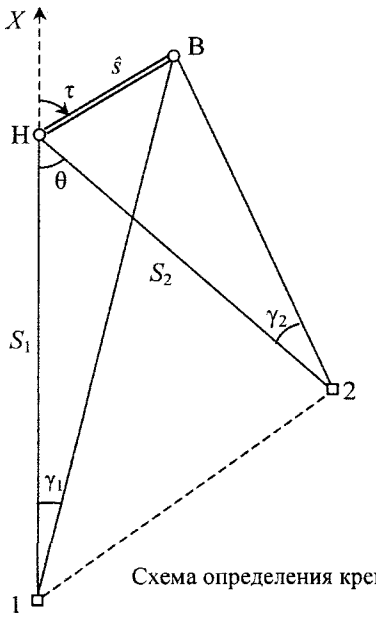


Схема определения крена

екта. Эти направления – средние значения из измеренных направлений на края соответствующего сечения; S_1 и S_2 – горизонтальные расстояния от пунктов 1 и 2 до центра нижнего сечения (H); $\hat{s}$ – линейный элемент крена; τ – угловой элемент, ориентирующий линейный элемент крена относительно направления 1-H.

Нами получены новые строгие формулы решения задачи определения крена:

$$\tau = \frac{a\sin\gamma_1 + b\sin k}{a\cos\gamma_1 - b\cos k}; \qquad (1)$$

$$\hat{s} = b/\sin(\tau - \gamma_1) = a/\sin(\tau + k). \qquad (2)$$

Здесь $k = \theta - \gamma_2$; $a = S_2 \sin\gamma_2$; $b = S_1 \sin\gamma_2$.

Если известен дирекционный угол α или магнитный, или астрономический азимут направления 1-H, то угол, ориентирующий вектор крена $\hat{s}$ по странам света,

$$\varphi = \alpha + \tau. \qquad (3)$$

При пользовании формулами (1)-(3) должен соблюдаться определенный порядок нумерации пунктов наблюдения (см. рисунок): если мысленно встать в середине между этими пунктами лицом к сооружению, то пункт, находящийся слева от линии направления на центр H сооружения, обозначим 1, а справа – 2. Углы γ, расположенные справа от линии направления на центр сооружения, следует считать положительными, а слева – отрицательными.

Пример вычислений: $\alpha = 257°18'19"$; $\theta = 9°10'50"$; $\gamma_1 = 0°39'29"$; $\gamma_2 = 0°46'54"$; $k = 8°23'56"$; $S_1 = 88{,}315$ м; $S_2 = 66{,}627$ м. Дальнейшие вычисления приведены в таблице

$\sin\gamma_1$	0,011485
$\cos\gamma_1$	0,999934
$\sin\gamma_2$	0,013642
$\sin k$	0,146064
$\cos k$	0,989275
$a = S_2 \sin\gamma_2$	0,908926
$b = S_1 \sin\gamma_1$	1,014298
$a \sin\gamma_1$	0,010439
$a \cos\gamma_1$	0,908866
$+b \sin k$	0,148152
$-b \cos k$	1,003420
$\operatorname{tg}\tau$	–1,677253
(τ)	–59°11'46"
τ	120 48 14
α	257 18 19
φ	18 06 33
$\tau - \gamma_1$	120 08 45
$\tau + k$	129 12 10
$\sin(\tau - \gamma_1)$	0,864750
$\sin(\tau + k)$	0,774914
$\hat{s} = b/\sin(\tau - \gamma_1)$	1,173 м
$\hat{s} = a/\sin(\tau + k)$	1,173 м
φ	18°06'33"

Формулы, рекомендуемые Руководством, можно использовать как контрольные.