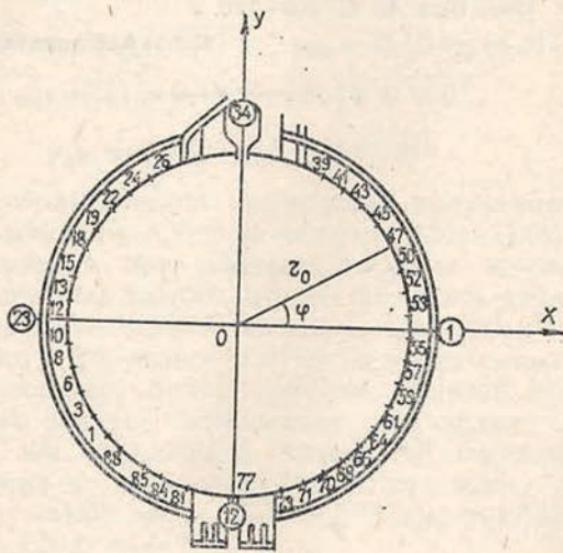


П. Г. ЧЕРНЯГА, В. А. СЯСЬКИЙ, А. Г. КАСЯНЧУК

ОЦЕНКА ПОЛОЖЕНИЯ ФУНДАМЕНТА СООРУЖЕНИЯ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ИЗМЕРЕНИЯМ

Цель настоящей работы — разработка методики оценки положения фундамента сооружения как системы точек, имеющих пространственно-временные характеристики. В литературе подобных исследований мы не встречали.

Решение задачи возможно только при выполнении регулярных геодезических измерений осадок фундаментов на каждой заложенной марке.



Фундамент сооружения.

Пусть имеем произвольный фундамент сооружения (см. рис.), в котором выберем систему пространственных координат следующим образом: оси OX и OY находятся в плоскости фундамента (лучше в плоскости усредненной отметки начального цикла измерений), ось OZ направлена перпендикулярно к плоскости XOY и начало координат — внутри фундамента.

Уравнение плоскости (в выбранной системе координат) в момент времени t будет иметь вид

$$z(t) = A(t)x + B(t)y + C(t), \quad (1)$$

где $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$ — неизвестные коэффициенты.

Параллельно с декартовой системой (x, y, z) рассмотрим цилиндрическую систему координат (r, φ, z) , в которой (1) принимает вид

$$z(t) = A(t) \cdot r(\varphi) \cos \varphi + B(t) \cdot r(\varphi) \sin \varphi + C(t). \quad (2)$$

Положение искомой плоскости будем определять только при $t=t_k$ ($k=1, N$), где N — количество циклов измерений. Коэффициенты A, B, C находим из условия минимума функции

$$\Phi = \sum_{i=1}^n [A(t) r(\varphi_i) \cos \varphi_i + B(t) r(\varphi_i) \sin \varphi_i + C(t) - Z_i^{(k)}]^2 \quad (3)$$

при $t=t_k$ ($k=1, N$). Здесь $Z_i^{(k)}$, φ_i ($i=1, n$) — аппликата и полярный угол i -й марки, определенные экспериментальным путем; n — количество марок в исследуемом фундаменте сооружения.

Необходимым условием минимума функции Φ является выполнение равенств:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial A} = 0, \quad \frac{\partial \Phi}{\partial B} = 0, \quad \frac{\partial \Phi}{\partial C} = 0, \quad (4)$$

которые с учетом (3) принимают вид:

$$A \sum_{i=1}^n x_i^2 + B \sum_{i=1}^n x_i y_i + C \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n Z_i^{(k)} x_i, \quad (5)$$

$$A \sum_{i=1}^n x_i y_i + B \sum_{i=1}^n y_i^2 + C \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n Z_i^{(k)} y_i,$$

$$A \sum_{i=1}^n x_i + B \sum_{i=1}^n y_i + nC = \sum_{i=1}^n Z_i,$$

где $x_i = r(\varphi_i) \cos \varphi_i$; $y_i = r(\varphi_i) \sin \varphi_i$.

Если решение системы (5) известно (при $N \geq 2$ ее удобно решать матричным способом), то уравнение искомой плоскости при $t=t_k$ имеет вид

$$z = Ar \cos \varphi + Br \sin \varphi + C. \quad (6)$$

Найдем наибольшее и наименьшее значения функции (6) и соответствующие им значения угла $\varphi^* \in [-\pi; \pi]$, при которых будет наибольший крен фундамента.

С этой целью положим $r(\varphi) = r_0 = \text{const}$, а значения φ^* определим из условия

$$\frac{dz}{d\varphi} = 0. \quad (7)$$

В итоге получим

$$\operatorname{tg} \varphi^* = \frac{B}{A}, \quad \varphi^* \in [-\pi; \pi]. \quad (8)$$

Показатели положения фундамента по циклам наблюдений

Показатель	Ц и к л					
	1	2	3	4	5	6
Ar_0 , мм	0	-0,51	-0,38	-0,28	-0,25	-0,39
Bt_0 , мм	0	0,20	0,19	0,13	-0,36	-0,82
C , мм	0	-0,25	0,50	-0,98	-0,68	-0,55
φ_i , ...°	-	-21	-27	-24	55	61
z_{kp} , мм	0	0,54	0,43	0,31	0,44	0,91
σ , мм	0	0,46	0,55	0,54	0,52	0,45

Соотношение (8) дает два значения угла φ^* : φ_1^- и φ_2^+ . При φ_1^- аплликата $z_i(t_k)$ фундамента сооружения минимальна, а при φ_2^+ максимальна.

В качестве основных показателей, характеризующих положение фундамента при $t=t_k$ в выбранной системе координат, примем следующие:

1) осадку центра тяжести фундамента (ее в основном определяет параметр C);

2) составляющую z_{kp} осадки, вызванную наличием крена фундамента;

$$z_{kp} = Ar_0 \cos \varphi_1^- + Bt_0 \sin \varphi_1^- . \quad (9)$$

В качестве третьего показателя возьмем параметр

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Phi}{n}} , \quad (10)$$

учитывающий степень разброса экспериментальных данных относительно плоскости (6). Он характеризует отклонение реального фундамента от абсолютно жесткого (для каждого фундамента с учетом реальных условий эксплуатации каким-то образом должны устанавливаться допустимые пределы для этого параметра, а также для величин z_{kp} и C).

Для иллюстрации разработанной методики остановимся на исследовании осадок фундамента сооружения цилиндрической формы в течение 14 циклов наблюдений (1984—1989 гг.).

Систему координат выберем так, чтобы ее начало совпало с центром фундамента на уровне плоскости, соответствующей усредненной отметке первого цикла измерений (все осадки марок этого цикла условно переведены в эту плоскость; измерения в остальных циклах вычислялись относительно этой же плоскости). Ось OX направим по одной из осей симметрии в сторону 55 марки (см. рис.).

Результаты выполненных расчетов приведены в таблице.

Анализ таблицы позволяет сделать некоторые выводы относительно поведения фундамента исследуемого сооружения. Так, составляющая z_{kp} с течением времени стабилизировалась и в настоящее время держится на уровне 0,6...0,7 мм, при этом $\varphi_1^- = 39 \dots 64^\circ$. Как и следовало ожидать, значение параметра C практически совпало со средними значениями осадок по цик-

7	8	9	10	11	12	13	14
— 0,38	— 0,61	— 0,69	— 0,28	— 0,29	— 0,45	— 0,41	— 0,53
— 0,38	— 0,40	— 0,43	— 0,48	— 0,59	— 0,52	— 0,55	— 0,43
— 1,02	— 1,26	— 1,26	— 1,57	— 1,38	— 1,70	— 1,45	— 2,08
45	33	32	59	64	49	53	39
0,54	0,73	0,81	0,56	0,66	0,67	0,69	0,64
0,62	0,57	0,59	0,64	0,52	0,63	0,62	0,61

лам наблюдений. Параметр $\sigma \leq 0,64$ мм является величиной одного порядка с ошибками геодезических измерений, которые составляют 0,3 мм.

Таким образом, на основании ряда циклов геодезических измерений с применением настоящих исследований можно получить достаточную информацию о положении фундамента сооружения в целом.

Статья поступила в редакцию 14.05.90