

Здесь  $n_i$  и  $t_i$  — показатель преломления и температура воздуха.

В любой промежуточной точке цеха вертикальный градиент показателя преломления может быть вычислен как

$$\text{grad}_B n_i = - \frac{n_i - 1}{t_i + 273,2} \text{grad}_B t_i, \quad (5)$$

Подсчеты показывают, что даже для экстремальных границ изменения температуры и показателя преломления для любой точки с погрешностью не более  $1 \cdot 10^{-7}$  можно принять

$$- \frac{n_i - 1}{t_i + 273,2} = - \frac{n_i - 1}{273,2} = A. \quad (6)$$

Тогда, с учетом (3), выражение (5) примет вид

$$\text{grad}_B n_i = A (aD_i^2 + bD_i + c). \quad (7)$$

Вычитая (4) из (7) и учитывая (6), получим

$$\text{grad}_B n_i - \text{grad}_B n_1 = A [(aD_i^2 + bD_i + c) - (aD_1^2 + bD_1 + c)], \quad (8)$$

Обозначив  $\text{grad}_B n_i - \text{grad}_B n_1 = \Delta \text{grad}_B n_i$ ,

и полагая  $D_1 = 0$ , в окончательном виде имеем

$$\Delta \text{grad}_B n_i = AD_i (aD_i + b). \quad (10)$$

По формуле (10) рассчитаем значения изменений величин показателей преломления в зависимости от удаления текущей точки от левого метеопоста. В таблице эти изменения представлены для точек, расположенных в нижнем и верхнем слоях.

Значения градиентов показателя преломления в различных точках цеха

Расстояние $D_i$ (м)	Значения $\text{grad}_B n_i \left(\frac{10}{A}\right)^{-6}$	
	нижний слой	верхний слой
0	2,60	5,30
10	3,48	4,20
20	4,20	3,30
30	4,76	2,60
40	5,16	2,10
50	5,40	1,80
60	5,48	1,70
70	5,40	1,80
80	5,16	2,10
90	4,76	2,60
100	4,20	3,30
110	3,48	4,20
120	2,60	5,30

стоянии друг от друга. образуем разность

$$\Delta \text{grad}_B n_{i+1} - \Delta \text{grad}_B n_i = A (D_{i+1}^2 + bD_{i+1} - aD_i^2 - bD_i). \quad (11)$$

С учетом (10) выражение (11) запишем

$$\text{grad}_B n_{i+1} - \text{grad}_B n_i = A [a(D_{i+1}^2 - D_i^2) + b(D_{i+1} - D_i)], \quad (12)$$

или в окончательном виде

$$\Delta \text{grad}_B n = Ad(2D_{\text{ср}}a + b), \quad (13)$$

$$\text{где } d = D_{i+1} - D_i; \quad D_{\text{ср}} = \frac{D_{i+1} + D_i}{2}.$$

По формуле (13) можно рассчитать изменение вертикальных градиентов показателя преломления между двумя смежными точками, в которых производятся измерения.

Список литературы: 1. Иордан В., Эггерт О., Кнейслль М. Руководство по высшей геодезии / Пер. с нем. — М.: Геолгиз, 1963, т. 2. 2. Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов. — М.: Недра, 1973. 3. Юношев Л. С. Боковая рефракция света при измерениях углов. — М.: Недра, 1969.

Статья поступила в редколлегию 12. 11. 81

УДК 528.48

Л. Н. ПЕРОВИЧ, В. М. МАРКИВ, Е. Ю. ИЛЬКИВ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОСЕДАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГАЗОКОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

В настоящее время на территории нашей страны работает ряд газокompрессорных станций (ГКС) магистральных газопроводов. Много новых ГКС будет сооружено к концу одиннадцатой пятилетки.

Для безопасной эксплуатации ГКС необходимо проведение специальных геодезических наблюдений [2] с целью своевременного выявления деформаций различных инженерных сооружений. Осадки — один из основных факторов, способствующих возникновению нежелательных деформаций. Известно, что величины осадок зависят, в основном, от геологических и гидрологических условий площадки; действия внешних нагрузок на подошвы фундаментов, вибраций фундаментов, возникающих вследствие работы всевозможных машин и механизмов; условий внешней среды (искусственное понижение или повышение уровня грунтовых, плохой дренаж) и др.

Для определения осадок инженерных сооружений на ГКС-1 и ГКС-2 газопровода «Братство» нами оборудованы наблюдательные станции, состоящие из сети опорных реперов и осадочных марок. На ГКС-1 ведутся наблюдения (высокоточное геометрическое нивелирование) за 193, а ГКС-2 — за 107 марками.

На протяжении пятилетнего периода было выполнено 8—10 серий наблюдений. Для исследования основных закономерностей оседаний в каждой серии вычисляли среднюю осадку отдельно

для машин и зданий. Затем в ЭВМ вводились осредненные значения осадок каждой серии и время, выраженное в 1000 сут, отсчитываемое от начала наблюдений. Используя библиотеку стандартных программ, состоящую из десяти функций вида:

$$\begin{aligned} y &= a + bx, \quad y = a + b/x, \quad y = a + b \ln x, \quad y = ax^b; \\ y &= ae^{bx}, \quad y = 1/(a + bx), \quad y = ae^{bx^2}, \quad y = x/(ax + b), \\ y &= a + bx^2, \quad y = a + bx^3, \end{aligned} \quad (1)$$

подбирались аналитические зависимости, характеризующие процесс оседаний с точностью, не превышающей 1—1,5 мм. Выводимые на печать средние квадратические ошибки аппроксимирующих функций показали, что приведенные выше аналитические зависимости не в полной мере удовлетворяют поставленному требованию. Аппроксимация осадок полиномами

$$y = ax^n + bx^{n-1} + cx^{n-2} + \dots + d \quad (2)$$

дала положительный результат. Установлено, что осадки всех инженерных сооружений с достаточной степенью точности представляются полиномами третьей степени. С учетом вычисленных на ЭВМ коэффициентов выражения для осадок имеют вид:

#### ГКС-1

а) газотурбинный цех:

$$\begin{aligned} y_z &= 8,6x^3 - 22,39x^2 + 14,83x - 2,83, \\ y_m &= 11,68x^3 - 28,72x^2 + 13,91x + 0,98; \end{aligned} \quad (3)$$

б) газокomppressorный цех:

$$y^* = 1,62x^3 - 1,22x^2 - 0,69x - 2,09; \quad (4)$$

#### ГКС-2

а) газотурбинный цех:

$$\begin{aligned} y_z &= 19,56x^3 - 46,24x^2 + 26,07x - 4,13, \\ y_m &= 16,57x^3 - 44,26x^2 + 26,74x - 4,65; \end{aligned} \quad (5)$$

б) газокomppressorный цех:

$$y = 2,75x^3 - 4,91x^2 + 1,66x - 1,73. \quad (6)$$

В приведенных выражениях  $y_z$ ,  $y_m$  — аппроксимирующие функции осадок зданий и машин,  $y$  — функции аппроксимации, полученные с учетом осадок всех марок цеха.

Найдем экстремальные (максимальные) значения аппроксимирующих функций. Для этого воспользуемся выражениями [1]:

\* Для газокomppressorного цеха функции аппроксимации осадок зданий и машин не приведены, так как они мало отличаются между собой.

$$x = t = -\frac{-b - \sqrt{-\Delta}}{3a},$$

$$y = v = d + \frac{2b^2 - 9abc + (6ac - 2b^2)\sqrt{-\Delta}}{27a^2}, \quad (7)$$

где  $\Delta = 3ac - b^2$ .

Здесь  $t$  — время наступления максимальной осадки;  $v$  — величина максимальной осадки;  $a, b, c, d$  — коэффициенты полинома. Результаты выполнения подсчетов приведены в таблице.

На основании полученных результатов можно сделать такие выводы.

Прогнозирование осадок инженерных сооружений газокomppressorных станций на период пять лет нужно выполнять полиномами.

В газокomppressorных цехах максимальные осадки возникают на 1—1,5 года раньше, чем в газотурбинных. Макси-

мальные осадки в ГКЦ примерно одинаковы для разных ГКС.

Осадки турбоагрегатов газотурбинных цехов примерно в 1,5 раза больше, чем зданий. Они достигают своего максимума на 2—3 месяца позже. Большие величины осадок турбоагрегатов обусловлены вибрацией работающих газотурбинных установок.

Осадки зданий и газотурбоагрегатов разных ГКС хорошо соотносятся с коэффициентами уплотнения грунтов  $\alpha$ . Так, для ГКС-1  $\alpha$  примерно в два раза меньше, чем на ГКС-2. Отсюда осадки ГКС-2 в 2—2,5 раза больше.

Заметим, что выполненные исследования и заключения сделаны для ГКС, построенных на среднесжимаемых грунтах ( $0,1 > \alpha > 0,005$ ).

Список литературы: 1. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. Справочник по математике. — М.: Наука, 1967. 2. Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов. — М.: Недра, 1973.

Статья поступила в редколлегию 30. 11. 81

УДК 528.414

### Ю. И. СПИЦЫН, В. В. ПИОНТКОВСКИЙ О ПРИМЕНЕНИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТОЧЕК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Процесс определения координат, недоступных для непосредственных измерений точек земной поверхности, представляет собой одну из актуальных задач геодезических измерений. Наиболее