

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 α . Так, для ГКС-1 α 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

перспективными направлениями реализации этой задачи являются способы звуковой и сейсмической пеленгации указанной точки, на которую теми или иными способами устанавливается источник упругих колебаний.

Использование способов звуковой пеленгации точки, на которой расположен источник звука, с нескольких приемных устройств связано с реальными техническими трудностями фильтрации широкого спектра помех в звуковом и ультразвуковом диапазонах, а также помех от наводок силовым полем радиотехнических средств. Установка же источников звуковых колебаний в недоступные точки трудноосуществима.

Эту же задачу можно решить сейсмическими способами, сравнивая по фазам моменты прихода сейсмической волны и заранее известные точки приема, вынесенные в натуру. Эти способы свободны от условий, ограничивающих применение звуковой локации для указанных выше целей.

В работах Воронежского государственного университета [1] и Ивано-Франковского института нефти и газа рассматривались методы наблюдения и обработки сейсмических данных с целью определения координат точек взрывов, однако они не позволяют в достаточной степени автоматизировать процесс расчета координат по этим данным и требуют для решения указанной задачи большого объема информации о сейсмических процессах и дорогостоящей, громоздкой аппаратуры. Кроме того, методика расчета координат базируется на математических моделях, не позволяющих минимизировать погрешности определения фаз между сравниваемыми сигналами из-за неидентичности по направлениям скорости распространения сейсмических волн и предопределяют фиксацию фронта волны определенной природы.

Рассмотрим один из способов наблюдения сейсмических колебаний и методику их обработки для получения координат точек на земной поверхности специализированных полигонов.

Предположим, что на поверхности земли в интересующей нас точке установлен источник упругих колебаний, длительность которых ограничена во времени.

Само полупространство, в котором работает источник упругих колебаний, характеризуется ступенчатым изменением по вертикали скорости распространения сейсмических волн, причем по горизонтальной скорости не изменяется. Тогда упругая волна, распространяющаяся в полупространстве, является сферической. Отражаясь от границ нижележащих плоскогогоризонтальных слоев, где происходит изменение скорости, волна распространяется к поверхности земли, оставаясь сферической, причем ее мнимый источник находится на перпендикуляре к этой поверхности.

Действительный же источник является проекцией мнимого источника на поверхность земли. По поверхности распространяется проекция сферической волны, фронт которой представляет собой окружность, а источник — проекцию мнимого источника отраженной волны.

В случае нескольких отражающих границ будет наблюдаться некоторое число волн на поверхности, расходящихся с разными скоростями и являющихся функцией расстояния от мнимого источника. Имея на поверхности одну или несколько таких волн, построим модель системы определения координат источника упругих колебаний, которая была бы независима от скоростных характеристик среды. Распределение времени прихода волны к некоторой прямой описывается уравнением гиперболы

$$t = \frac{\sqrt{(X-X_0)^2 + Y_0^2}}{V}, \quad (1)$$

где X — координата точки, в которую пришла волна; X_0 , Y_0 — координаты источника упругих колебаний, V — скорость распространения волны по поверхности.

В общем случае скорость распространения сейсмической волны зависит от времени, координат мнимого источника и скоростных характеристик подстилающей среды.

Из уравнения (1) нам известна только форма линии $t=t(X)$, а начало координат временной оси не задано. Минимум гиперболы находится в точке X_0 . Следовательно, если определить координату минимума функции $t=t(X)$, то тем самым будет получена абсцисса источника. Для определения ее построим из точки O прямую, перпендикулярную к исходной, и, найдя на ней распределение $t=t(Y)$, получим ординату источника. Для определения координат источника упругих колебаний и скорости распространения сейсмической волны необходимо иметь, как минимум, четыре точки наблюдения сейсмических сигналов, что и показано в работе [3], поскольку начало отсчета времени неизвестно.

Для однозначного определения точки начала отсчета времени на каждой из осей X и Y возьмем по три точки, причем одна из них является общей для осей. Эти же оси будут представлять условную прямоугольную систему координат (рис. 1).

Обозначим расстояние между точками приема сейсмической информации через a и определим разность фаз моментов первых вступлений волны между точкой O и точками 1, 2, 3 и 4, которые обозначим соответственно через t_1 , t_2 , t_3 , t_4 .

Расстояния от источника до точек приема 0, 1, и 2 равны:

$$\begin{aligned} l_0 &= \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}, & l_1 &= \sqrt{(X_0 - a)^2 + Y_0^2}, \\ l_2 &= \sqrt{(X_0 - 2a)^2 + Y_0^2}. \end{aligned} \quad (2)$$

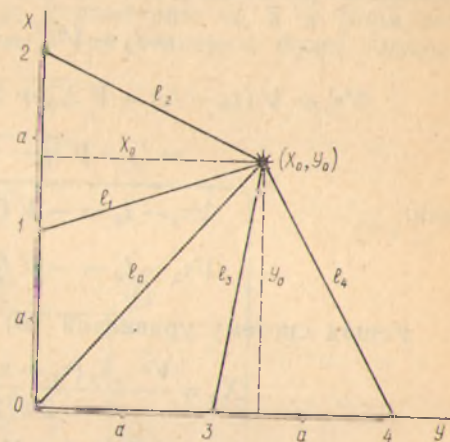


Рис. 1. Условно-прямоугольная система координат.

Время пробега волны от точки (X_0, Y_0) до точек приема сигнала 0, 1 и 2 соответственно равно:

$$t_0 = \frac{l_0}{V} \quad (3), \quad t_1 = \frac{l_1}{V} \quad (4), \quad t_2 = \frac{l_2}{V}. \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда: } V\tau_1 &= V(t_0 - t_1) = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2} - \sqrt{(X_0 - a)^2 + Y_0^2} = \\ &= l_0 - \sqrt{l_0^2 - 2aX_0 + a^2}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V\tau_2 &= V(t_0 - t_2) = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2} - \sqrt{(X_0 - 2a)^2 + Y_0^2} = \\ &= l_0 - \sqrt{l_0^2 - 4aX_0 + 4a^2}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{или: } V\tau_1 - l_0 &= -\sqrt{l_0^2 - 2aX_0 + a^2}, \\ V\tau_2 - l_0 &= -\sqrt{l_0^2 - 4aX_0 + 4a^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Решая систему уравнений (6) относительно X_0 и l_0 , имеем:

$$X_0 = \frac{V^2 \tau_1 \tau_2 (\tau_1 - \tau_2) + a^2 (4\tau_1 - \tau_2)}{2a (2\tau_1 - \tau_2)}, \quad (7)$$

$$l_0 = \frac{2a^2 + V^2 (2\tau_1^2 - \tau_2^2)}{2V (2\tau_1 - \tau_2)}. \quad (8)$$

Аналогично по оси Y имеем:

$$Y_0 = \frac{V^2 \tau_3 \tau_4 (\tau_3 - \tau_4) + a^2 (4\tau_3 - \tau_4)}{2a (2\tau_3 - \tau_4)}, \quad (9)$$

$$l_0 = \frac{2a^2 + V^2 (2\tau_3^2 - \tau_4^2)}{2V (2\tau_3 - \tau_4)}, \quad (10)$$

$$\text{где } \tau_3 = t_0 - t_3 = \frac{(l_0 - \sqrt{l_0^2 - 2aY_0 + a^2})}{V};$$

$$\tau_4 = t_0 - t_4 = \frac{(l_0 - \sqrt{l_0^2 - 4aY_0 + 4a^2})}{V}.$$

Приравняв выражения для l_0 (8 и 10), получим:

$$V^2 = \frac{(2\tau_3 - \tau_4) - (2\tau_1 - \tau_2)}{(2\tau_3^2 - \tau_4^2)(2\tau_1 - \tau_2) - (2\tau_1^2 - \tau_2^2)(2\tau_3 - \tau_4)} \cdot 2a^2, \quad (11)$$

$$X_0 = \frac{V^2 \tau_1 \tau_2 (\tau_1 - \tau_2) + a^2 (4\tau_1 - \tau_2)}{2a (2\tau_1 - \tau_2)},$$

$$Y_0 = \frac{V^2 \tau_3 \tau_4 (\tau_3 - \tau_4) + a^2 (4\tau_3 - \tau_4)}{2a (2\tau_3 - \tau_4)}.$$

Полученные формулы позволяют определить координаты источника по двум независимым уравнениям (7) и (9). Скорость распространения V^2 определяется по сумме всех наблюдений τ_i и является величиной, имеющей размерность $\text{м}^2/\text{с}^2$. Для рабочей зоны, определенной координатными осями и величиной a , параметр V^2 не является критерием, сильно влияющим на точность расчета координат, поскольку погрешность его определения минимизируется усреднением скорости по параметрам τ_i , а в формулах расчета X_0 и Y_0 — умножением V^2 на величины более низкого

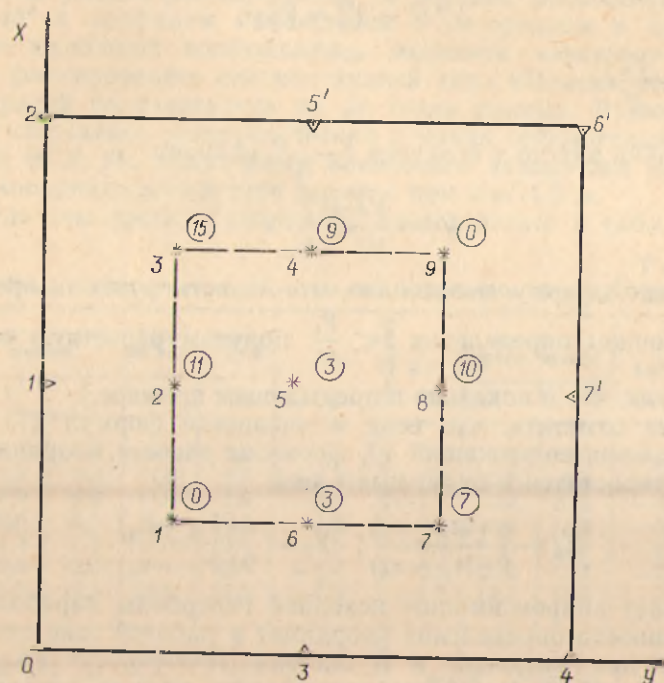


Рис. 2. Определение координат точки взрыва 3.

порядка. Приведем конкретный пример расчета. Допустим, что a выбрана 1000 м, $V=1000$ м/с, $X_0=1010$ м, $Y_0=990$ м, т. е. точка находится почти в центре воображаемого квадрата (рис. 2.).

При этих условиях $\tau_1=0,4242$ с, $\tau_2=0,0142$ с, $\tau_3=0,4042$ с, $\tau_4=0,0141$ с.

Искусственно введем в любую разность фаз, например в τ_3 , ошибку $\Delta\tau=+0,01$ с, тогда новое значение $\tau_3=0,4142$ с, а $V^2=-977$ ($\text{м}/\text{с}$)², $X_0=1007$ м, $Y_0=993$ м, что составит погрешности определения каждой из координат $+3$ м.

Таким образом, несмотря на то что вновь рассчитанное значение V^2 является мнимым числом, ошибка в определении координат незначительна. В расчетах получена мнимая скорость распространения сейсмической волны. Покажем, в каких случаях это происходит.

При обозначенных нами координатах источника X_0 и Y_0 уравнение распространения волны по оси X имеет вид

$$(X - X_0)^2 + Y_0^2 = V^2 t^2.$$

Поскольку начало отсчета времени нам неизвестно, то мы рассматриваем волну, у которой $Y_0 = 0$. В таком случае ее уравнение

$$(X - X_0)^2 = Y_1^2 \tau^2.$$

Приравняв эти уравнения, получим

$$V^2 t^2 - Y_0^2 = V_1^2 \tau^2,$$

где $\tau = t - \frac{Y_0}{V}$.

Подставив вместо τ величину $t - \frac{Y_0}{V}$, получим

$$V_1 = \frac{Vt + Y_0}{Vt - Y_0} V. \quad (12)$$

Из данной формулы очевидно, что V_1 есть функция времени и при ошибочном определении $t < \frac{Y_0}{V}$ получим расчетную скорость меньше нуля, что и показано в предыдущем примере.

Следует отметить, что если в числителе формул (7) и (9) отбросить член, содержащий V^2 , формулы расчета координат значительно упростятся и будут иметь вид:

$$X_0 = \frac{a(4\tau_1 - \tau_2)}{2(2\tau_1 - \tau_2)}; \quad Y_0 = \frac{a(4\tau_3 - \tau_4)}{2(2\tau_3 - \tau_4)}, \quad (13)$$

что означает аппроксимацию исходной гиперболы параболой.

Погрешности определения координат в рабочей зоне схемы наблюдения при введении в τ_1 ошибки $\Delta\tau = +0,01$ с показаны в кружочках рис. 2. Исходные данные при расчете погрешностей равны: $a = 1000$ м, $V = 1000$ м/с и расстояние между анализируемыми точками — 500 м. Для простоты выкладок определяется погрешность только в расчете X_0 , поскольку в формуле (9) расчета Y_0 значения τ_1 нет. Максимальная относительная погрешность определения абсциссы точки составляет 1,4% величины удаления определяемой точки до оси X .

То же имеем при введении данной погрешности в τ_3 и для ординаты искомой точки.

Ошибку в определении координат можно уменьшить, увеличив число точек наблюдения до восьми, как показано на рис. 2 (точки 5', 6', 7'). В этом случае получим четыре независимых системы по числу углов квадрата, из которых получим усредненные координаты искомой точки.

Для примера определим координаты точки 3 (рис. 2) из четырех независимых систем наблюдения при сохранении погреш-

ности в $\tau_1 = +0,01$ с. Тогда получим $X_0^4 = 500$ м, $X_0^6 = 506,8$ м, $X_0^2 = 500$ м, $X_0^8 = 515,4$ м.

Средняя абсцисса точки равна 505,6 м. Результат улучшен на 9,8 м при среднеквадратической ошибке измерений $\pm 7,3$ м.

Предлагаемый способ определения координат источника опробован на полевых материалах, полученных кафедрой геофизики и геологии Воронежского государственного университета в 1973 г. на полигоне Погоново.

Пикеты ударов располагались на прямой, расположенной под углом 45° к профилям наблюдения с интервалом в один метр. Упругие колебания возбуждались подрывом электродетонаторов ЭДП и фиксировались сейсмостанцией типа «Поиск». На каждом из профилей располагались по 24 точки приема. Временные задержки снимались непосредственно с копии сейсмограммы из работы [1] ВГУ. По полученным временным задержкам произведен расчет координат источников взрывов при $a = 11,5$ м.

Результаты расчета координат представлены в табл. 1.

Таблица 1
Расчет координат взрывов по сейсмограммам полевых измерений

Номер пикета	Коорд. точек реалы.		Коорд. точек по метод. ВГУ		$\Delta X'$	$\Delta Y'$	Коорд. по предл. метод.		$\Delta X''$	$\Delta Y''$
	X_0	Y_0	X'	Y''			X''	Y''		
1	8,5	8,5	9,8	8,5	-1,3	0	8,2	8,2	-0,3	-0,3
2	9,2	9,2	11,0	9,0	-1,8	-0,2	9,0	9,4	-0,2	-0,2
3	9,9	9,9	11,6	8,8	-1,7	-1,1	10,0	10,2	-0,1	-0,3
4	10,6	10,6	11,6	10,4	-1,0	+0,2	10,4	10,5	-0,2	-0,1
5	11,3	11,3	12,5	10,8	-1,2	-0,5	11,0	11,6	-0,3	-0,3
6	12,0	12,0	13,4	12,5	-1,4	-0,5	11,9	12,3	-0,3	+0,3
7	12,7	12,7	14,0	12,5	-1,3	-0,2	12,4	13,0	-0,3	+0,3

Примечание. Выводы по результатам работ ВГУ $\Delta x_{\text{ср.}} = -1,4$ м, $\Delta y_{\text{ср.}} = -0,3$ м, $m_x = \pm 1,5$ м, $m_y = \pm 0,6$ м, $M_{xy} = \pm 1,6$ м.

Примечание. Выводы по нашей методике $m_{x\text{ср}} = -0,2$, $\Delta y_{\text{ср}} = -0,1$, $m_x = \pm 0,2$ м, $m_y = \pm 0,3$ м, $M_{xy} = \pm 0,4$ м.

Ошибка определения координат предложенным способом на реальной модели не превышает 3,5% расстояния от точки взрыва до профиля наблюдения и не меняется с увеличением расстояния от точки взрыва до профиля наблюдения сигналов, т. е. погрешность в определении координат слабо связана с удалением источника от линии наблюдения.

Для анализа влияния измерений скорости распространения сейсмической волны на точность определения координат предложенным способом произведено построение графического планшета масштаба 1:1000, по которому были определены координаты выбранных точек и рассчитано ожидаемое время первого вступления сейсмических волн к приемникам в точках наблюдения 0, 1, 2, 3 и 4.

Аналитические выражения среднеквадратических ошибок определения координат представляют собой сложные формулы дифференцирования выражений (7) и (9) по шести частным производным, а расчет ошибок с требуемой точностью затруднен взаимной зависимостью переменных.

Для анализа погрешностей в координатах при изменении скорости распространения сейсмических волн введем заранее известные погрешности в t_i для экстремальных моментов, когда все t_i имеют погрешность $\pm 0,01$ или $-0,01$ с. Результаты расчета представлены в табл. 2,3.

Таблица 2
Результаты расчета X_0 и Y_0 при $\Delta t = 0,01$ с

Скор. расч.	t_1	t_2	t_3	t_4	Скор. измер.	Коорд., расчит. по планшету		Коорд., расчит. с вр. погрешности		ΔX	ΔY
						X	Y	X	Y		
300	1,827	1,130	2,034	1,503	374	690,1	735,5	692,2	735,5	-2,1	0
800	0,691	0,430	0,769	0,570	969	690,4	734,2	691,4	731,8	-1,0	+ 2,4
1200	0,464	0,290	0,516	0,383	1477	689,8	733,5	693,7	736,1	-3,9	- 2,6
1600	0,351	0,220	0,390	0,290	1963	690,0	733,8	695,0	736,9	-5,0	- 3,1
300	1,776	0,502	1,631	0,267	235	560,4	532,4	562,0	533,2	-1,6	- 0,8
800	0,672	0,194	0,618	0,107	623	560,5	532,0	563,2	535,3	-2,7	- 3,3
1200	0,451	0,133	0,415	0,074	937	560,9	532,0	565,5	536,6	-4,2	- 4,6
1600	0,341	0,102	0,314	0,058	1240	560,4	532,0	566,0	538,1	-5,6	- 6,1
300	1,004	- 0,506	2,332	1,981	312	418,1	743,1	420,0	743,6	-1,9	- 0,5
800	0,383	- 0,181	0,881	0,749	829	418,1	743,1	422,6	744,0	-4,5	- 0,9
1200	0,259	- 0,119	0,591	0,502	1237	418,5	742,7	425,4	744,0	-6,9	- 1,3
1600	0,196	- 0,087	0,445	0,379	1651	418,1	743,1	427,1	744,8	-9,0	- 1,7
300	1,761	0,947	2,023	1,400	337	658,3	719,6	652,0	708,2	+6,3	+11,4
800	0,667	0,326	0,765	0,531	955	644,9	717,4	647,9	719,7	-3,0	- 2,3
1200	0,448	0,244	0,519	0,358	1272	644,2	700,7	648,9	702,8	-4,7	- 2,1
1600	0,338	0,186	0,387	0,271	1786	652,6	709,3	657,1	711,9	-4,5	- 2,6

Примечание: $\Delta X_{ср} = -2,9$ м, $\Delta Y_{ср} = -1,6$ м, $m_x = \pm 4,6$ М76, $m_y = \pm 4,1$ м, $m_{x,y} = \pm 6,2$ м.

Из таблиц видно, что погрешности определения координат весьма незначительно зависят от изменения скорости распространения и находятся в прямой зависимости от точности фиксации моментов первого вступления сейсмической волны в точках приема.

Расчет таблиц произведен по программе обработки данных сейсмической информации в соответствии с формулами (11) на интерпретирующем процессоре «Искра-1256».

Способ рассматривается, наряду с работой [3], как второй, более точный вариант определения координат точек земной поверхности сейсмическими методами в автоматизированной геодезической системе.

Окончательные практические выводы о точности получения координат предлагаемым способом наблюдения и обработки сейсмической информации, а также о мерах по повышению его точности.

Таблица 3

Результаты расчета X_0 и Y_0 при $\Delta t = \pm 0,01$ с

Скор. расч.	t_1	t_2	t_3	t_4	Скор. измер.	Коорд., расчит. по планшету		Коорд., расчит. с вр. погрешн.		ΔX	ΔY
						X	Y	X	Y		
300	1,807	1,110	2,014	1,483	374	690,1	735,5	689,3	732,8	+ 0,8	+ 2,7
800	0,671	0,410	0,749	0,550	881	690,4	734,2	687,4	732,1	+ 3,0	+ 2,4
1200	0,444	0,270	0,496	0,363	1506	689,8	733,5	685,8	730,7	+ 4,7	+ 2,8
1600	0,331	0,200	0,370	0,270	2017	690,0	733,8	684,6	730,0	+ 5,4	+ 3,8
300	1,756	0,482	1,611	0,247	235	560,4	532,4	559,7	530,8	+ 0,7	+ 1,6
800	0,652	0,174	0,598	0,087	630	590,5	532,0	557,5	529,1	+ 3,0	+ 2,9
1200	0,431	0,113	0,395	0,054	951	560,9	532,0	556,5	527,3	+ 4,4	+ 4,7
1600	0,321	0,082	0,294	0,038	1274	560,4	532,0	554,8	525,6	+ 5,6	+ 6,4
300	0,984	- 0,526	2,312	1,961	314	418,1	743,1	416,6	743,1	+ 1,5	0
800	0,363	- 0,204	0,861	0,729	839	418,1	743,4	413,4	742,2	+ 4,7	+ 0,9
1200	0,239	- 0,139	0,571	0,482	1257	418,5	742,7	411,7	741,2	+ 6,8	+ 1,5
1600	0,176	- 0,107	0,425	0,359	1688	418,1	743,1	408,7	741,3	+ 9,4	+ 1,8
300	1,721	0,927	2,003	1,380	329	658,3	719,6	646,5	702,2	+11,8	+17,0
800	0,637	0,306	0,745	0,511	929	644,9	717,4	636,6	709,1	+ 8,3	+ 8,3
1200	0,428	0,224	0,499	0,338	1297	644,2	700,7	640,7	697,3	+ 3,5	+ 3,4
1600	0,318	0,166	0,367	0,251	1831	652,2	709,3	645,5	704,1	+ 7,1	+ 5,2

ных характеристик можно сделать после его полной аппаратной реализации и накопления достаточного объема статистических данных в полевых условиях.

Список литературы: 1. Дубянский В. И., Никитина Т. М. Изучение возможностей определения координат взрыва сейсмическими методами. — Воронеж, 1973. 2. Гураич И. И. Сейсморазведка. — М.: Недра, 1981. 3. Спицын Ю. И. Способ определения координат точек и параметров из взаимного положения с помощью поверхностного сейсмического эффекта. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1982, вып. 34. 4. Видуев Н. Г., Гиргоренко А. Г. Математическая обработка геодезических измерений. — Киев: Вища школа, 1978.

Статья поступила в редколлегию 13. 01. 82

УДК 528.32+666.94

Т. Г. ШЕВЧЕНКО

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТИ ОСИ НАКЛОННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБОЛОЧЕК

Независимо от технологических особенностей цилиндрической оболочки геодезический контроль прямолинейности ее оси основывается на отыскании характерных точек оболочки и проверке их расположения относительно опорной или створной линии. В простейшем случае, когда форма оболочки не отличается от круговой цилиндрической, операции контроля не представляют