

- Список литературы:** 1. Герасименко М. Г., Генике А. А. Методолгическое обеспечение высокоточных дальномеров. — Геодезия и картография, 1982, № 6.
2. Мовсесян Р. А., Мартиросян А. А., Андрицкин Ф. Б. Высокоточный светодальномер ВСД-600. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотогеодезия, 1973, вып. 5.
3. Мовсесян Р. А. Высокоточный электрооптический дальномер ДВСД-1200. — Геодезия и картография, 1973, № 9.

Статья поступила в редакцию 22.06.83

УДК 528.024.1.06

П. Д. ДВУЛИТ, П. В. ПАВЛИВ, О. Е. ТОЛДЫБК

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ НЕПОСТОЯНСТВА РАЗНОСТИ ВЫСОТ НУЛЕЙ ШКАЛ ИНВАРНЫХ РЕЕК НА РЕЗУЛЬТАТЫ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Известно, что вследствие недостаточной выверки приборов значительное место в накоплении ошибок высокоточного нивелирования занимают погрешности, которые, как правило, не учитываются как при нивелировании, так и при обработке полученных результатов [3].

На основании специального исследования произвольного материала было выявлено, что разности основных и дополнительных шкал инварных реек — непостоянные величины и меняются с изменением расстояния от пятки рейки [2].

В то же время действующая инструкция в методике исследования разности высот нулей шкал инварных реек не предусматривает выявления указанного недостатка [1], что значительно затрудняет работы по нивелированию из-за появления больших сдвигов и тем же знаком или даже недопустимых расхождений между превышениями, полученными по основной шкале и дополнительной шкале, и общим понижением точности получаемых результатов.

С целью иллюстрации вышеказанного рассмотрим страницу из журнала нивелирования II класса (табл. 1). При нивелировании средняя длина визирного луча составляла 30 м, а превышение на станции близко к 2 м. Соответственно отсчеты составляют приближительно 0,5 и 2,5 м. При этом все разности высот нулей шкал инварных реек имеют один и тот же знак, что говорит о четком проявлении действия рассматриваемого источника.

При подсчете превышений по секции имеем

$$\Sigma h_{\text{ср}} = \frac{\Sigma h_0 + \Sigma h_1}{2}, \quad (1)$$

где $\Sigma h_{\text{ср}}$ — сумма средних превышений секции; Σh_0 — сумма превышений по основным шкалам секции; Σh_1 — сумма превышений по дополнительным шкалам секции.

Значение погрешности $\Sigma \Delta h$, обусловленное непостоянством разности высот нулей шкал на разных интервалах реек, составляется [2]

$$\Sigma \Sigma \Delta h = \Sigma h_d - \Sigma h_0. \quad (2)$$

С целью дальнейшей иллюстрации механизма накопления погрешностей, обусловленных действием изучаемого источника, проанализируем участок нивелирного хода общей длиной 800 м, часть которой представлена в табл. 1, и общий перепад высот на котором составляет 29 м, т. е. $\Sigma h_0 = -29,2804$ м, $\Sigma h_d = -29,2754$ м. С учетом (2) имеем $\Sigma \Sigma \Delta h = 0,0050$ м = 5,0 мм.

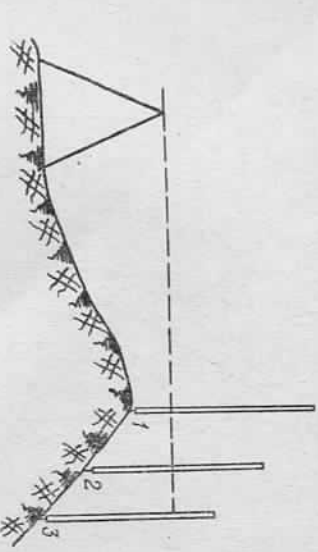
Специальными экспериментальными исследованиями определены разности высот нулей шкал реек № 193, 194, примененных для нивелирования указанного выше участка, и реек № 163, 164. Исследования проводились по методике, предложенной действующей инструкцией, но по несколько усовершенствованной программе.

Нивелир закрепляли на штативе, ножки которого устанавливали на металлических, забитых в землю, трубках диаметром 2 см и длиной 0,5 м. Этим обеспечивали повышенную устойчивость нивелира при выполнении данного исследования. В шести метрах от нивелира (по рисунку) забили три арматурных стержня длиной 0,8 м с металлической пластиной в верхней части и полусферической головкой диаметром 3 см. Следовательно, отсчеты по шкалам брали на трех различных интервалах примерно через 1 м в пределах от 0,5 до 2,5 м. Рекомендуются инструкции программа не предусматривает подбор мест для колышек на разных уровнях, а это значит, что все три колышка находятся приблизительно на одной высоте и отсчитываются по рейке на небольшом ее интервале.

В процессе наблюдений рейки удерживались на стержнях с помощью специально изготовленных рейкодержателей, что обеспечивало неизменность положения реек на стержнях в моменты от-

Таблица 1
Накопление разностей превышений, обусловленных непостоянством разностей высот нулей шкал инварных реек

Рейки	Отсчеты по биссектору нивелира (1/2 дм)		Контроль		
	Осн. шкала	Доп. шкала	Р	Б	
3	Р	Б	Р	Б	59,251
	16,1	58	75,4	09	
	52,2	51	111,5	00	
3-П	Р	Б	Р	Б	59,249
	-36,1	7	-36,1	09	
	-36,093		-36,071	2	
3	Р	Б	Р	Б	59,252
	8,1	57	67,4	09	
	43,1	30	102,3	78	
3-П	Р	Б	Р	Б	59,248
	-35,0	+27	-34,9	-69	
	-34,973		-34,969	6	
3	Р	Б	Р	Б	59,253
	15,8	04	75,0	57	
	42,1	35	101,3	87	
3-П	Р	Б	Р	Б	59,252
	-26,3	-31	-26,3	-30	
	-26,331		-26,330	7	
3	Р	Б	Р	Б	59,250
	16,3	15	75,5	65	
	40,7	03	99,9	49	
3-П	Р	Б	Р	Б	59,246
	-24,4	+12	-24,4	16	
	-24,388		-24,384	4	
3	Р	Б	Р	Б	59,253
	6,7	0	65,9	53	
	37,9	95	97,2	40	
3-П	Р	Б	Р	Б	59,245
	-31,2	-95	-31,3	13	
	-31,295		-31,287	8	
3-П	Р	Б	Р	Б	19
	-31,295		-31,287	19	



Определение разностей высот шкал инварных реек на различных высотах уровней.

счетов по основным и дополнительным шкалам. Кроме того, расстояние между нивелиром и рейками, сокращенное до 6 м, обеспечивало дополнительную точность отсчетов при наведении биссектора на штрих реек [4].
 Результаты исследований, выполненных нивелиром Н-05 № 00076, помещены в табл. 2. Из табл. 2 видно, что разности вы-

сот нулей шкал инварных реек на различных расстояниях от пяти рейки неодинаковы. В рассматриваемых случаях для всех четырех реек разности высот нулей уменьшаются с увеличением отсчета. Так, для комплекта реек № 193 и 194 расхождение разностей высот нулей шкал на крайних интервалах (0,5—2,5 м) составляет 0,16 мм (табл. 3). Следовательно, на рассматриваемом

Таблица 2

Определение разностей высот нулей шкал инварных реек новым способом (нивелиром Н-05 № 00076)

Номер кочтыка	Отсчеты по рейкам № 193			№ 194			Разности высот нулей	
	Осч. шкала	Доп. шкала	Разность	Осч. шкала	Доп. шкала	Разность	Осч. шкала	Доп. шкала
1	10,323	69,575	59,252	10,322	69,575	59,251	+1	+2
	324	576		321	571			
Среднее	10,323	69,575	59,252	10,322	69,573	59,251	+1	+2
	322	574		322	573			
2	33,536	92,786	785	33,538	92,785	785	-3	-1
	535	783		538	785			
	535	785		539	786			
Среднее	33,535	92,785	59,250	33,538	92,786	59,248	-3	-1
	50,403	109,650		50,404	109,653			
3	401	651	650	405	656	652	-3	-3
	402	650		406	652			
Среднее	50,402	109,650	59,248	50,405	109,653	59,248	-3	-3

Номер прива	№ 193			№ 194			№ 163		№ 164				
	Разность высот реек	Уклонение от среднего значения	Разность высот нулей	Уклонение от среднего значения	Разность высот реек	Уклонение от среднего значения	Разность высот нулей	Уклонение от среднего значения	Разность высот реек	Уклонение от среднего значения			
1	10,320	69,573	59,252	10,320	69,571	59,251	-2	-1	10,320	69,571	59,247	-2	-1
	322	574		324	574								
Среднее	10,321	69,573	59,252	10,323	69,574	59,251	-2	-1	10,323	69,574	59,249	-2	-1
	320	573		323	575				324	574			
2	33,533	92,782	782	33,535	92,784	780	-1	0	33,535	92,784	780	-1	0
	532	782		534	783								
	532	782		533	780								
Среднее	33,532	92,782	59,250	33,533	92,782	59,249	-1	0	33,533	92,782	59,249	-1	0
	50,400	109,649		50,402	109,650				50,402	109,650			
3	401	649	649	403	651	650	-2	-1	403	651	650	-2	-1
	401	649		403	650								
Среднее	50,401	109,649	59,248	50,403	109,650	59,247	-2	-1	50,403	109,650	59,247	-2	-1

Сводная таблица результатов определений разностей высот нулей шкал инварных реек новым способом

Таблица 3

Номер прива	№ 193		№ 194		№ 163		№ 164	
	Разность высот реек	Уклонение от среднего значения	Разность высот нулей	Уклонение от среднего значения	Разность высот реек	Уклонение от среднего значения	Разность высот нулей	Уклонение от среднего значения
1	59,252	+3	59,251	+2	59,252	+2	59,251	+2
	59,250	+1	59,248	-1	59,250	0	59,249	0
2	59,248	-2	59,248	-1	59,248	-2	59,247	-2
	59,251	+1	59,252	+3	59,252	+2	59,251	+1
3	59,248	-1	59,248	-1	59,248	-1	59,248	-1
	59,247	-2	59,247	-2	59,248	-2	59,248	-1
Среднее	59,251	+2	59,250	+1	59,251	+1	59,251	+2
	59,248	-1	59,249	0	59,248	0	59,249	+2
3	59,247	-2	59,249	0	59,248	-2	59,248	-1
Среднее	59,249	-2	59,249	0	59,248	-2	59,248	-1

Участке только изучаемый источник обуславливает накопление погрешностей систематического характера около 1,2 мм, что значительно превышает допустимое значение не только для нивелирования I, но и II классов.

Нетрудно видеть, что рассматриваемый источник погрешностей невозможно выявить в прямом и обратном нивелированных, а также в замкнутых полигонах. Однако он будет полностью проявляться в суммах превышений на участках нивелирных линий с затранными склонами.

Список литературы: 1. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. — М.: Недра, 1974. 2. Павлова П. В., Савьяк З. Р. О некоторых особенностях влияния разностей высот нудей основных и дополнительных шквал ниварных рек на результаты нивелирования в горных условиях. — Инженерия геодэзия, 1979, вып. 22. 3. Павлов П. В. Проблемы высотного нивелирования. — Львов: Вища шк., 1980. 4. Павлов П. В., Пивовский П. И. Исследование устойчивости костылей коротким визирным лучом. — Геодэзия, картография и аэрофотосъемка, 1983, вып. 37.

Статья поступила в редакцию 10.01.84

УДК 523.42:550.423

Ю. П. ДЕНИЧКА, А. Л. ЦЕРКЛЕВИЧ

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПОСТРОЕНИЯ ПЛОТНОСТНЫХ МОДЕЛЕЙ ВЕНЕРЫ

На основании моделирования и выявления различия состава Венеры и Земли [1] рассчитан ряд трехслойных моделей внутреннего строения Венеры, из которых выделены две вероятные модели с ядром из расплавленного железа и корой мощностью 70 км и средней плотностью 2,8 г/см³: модель А и модель Б. Для них найдено распределение вдоль радиуса основных параметров: плотность δ , давление P и сила тяжести g .

Отличие этих двух моделей проявляется в разных значениях безразмерного момента инерции I/MR^2 . Для модели А он равен 0,326, а для модели Б — 0,319. В обеих моделях выделены кора, мантия (верхняя и нижняя) и ядро. Глубины границ раздела этих слоев, кроме границы кора—мантия, различны. Так, в модели А граница нижней мантии проходит на глубине 823 км, а в модели Б — на глубине 901 км. Граница ядра этих моделей определена глубинами 2813 и 2656 км. Кроме того, в верхней мантии на глубинах 544 (модель А) и 617 км (модель Б) наблюдаются скачки плотности ρ соответственно 0,25 и 0,33 г/см³. Значения скачков плотности на основных границах раздела для моделей А и Б следующие: на границе кора—мантия 0,37 и 0,24 г/см³, на границе верхней мантия—нижняя мантия 0,24 и 0,33 г/см³ и на границе мантия—ядро 5,06 и 5,14 г/см³. Плотность в центре Венеры по моделям А и Б равна 12,44 и 12,42 г/см³.

Относительно состава вещества недр Венеры полученные модели отличаются тем, что в мантии модели А железа приблизительно вдвое меньше, чем в мантии Земли, а в модели Б все железо содержится в ядре; суммарное содержание железа в обеих моделях больше, чем в Земле. Предпочтение отдается модели А.

При построении моделей Венеры использованы уравнения гидростатического равновесия, состояния вещества и условие сохранения массы.

Представляет интерес построение таких моделей Венеры, которые удовлетворяли бы и данным о ее гравитационном

поле, тем более, что необходимая для этого информация уже имеется. Методика построения моделей [2, 3] предполагает знание, кроме массы и радиуса, еще и среднего момента инерции планеты, а также ее стоксовых постоянных. Последняя информация используется в качестве основной. Кроме того, для построения трехслойных моделей, состоящих из коры, мантии и ядра, необходимо задать значения глубин раздела слоев и скачки плотности.

При расчете моделей Венеры по методике [2, 3] использованы уточненные значения ее массы $M=1,869 \cdot 10^{27}$ г и радиуса $R=6052,3$ км [7]; им соответствует средняя плотность Венеры $\delta_{cp}=5,249$ г/см³. Стоксовы постоянные до 4-го порядка взяты по модели гравитационного поля Венеры [7]. Значения глубин разделов и скачки плотности на них принимались для двух вариантов моделей такими же, как и в моделях А и Б.

Момент инерции для Венеры не поддается расчету в приближении гидростатической теории вследствие того, что параметр $g=\omega^2 R^3/M$ в сотни (450) раз меньше зональной гармоник J_2 , что говорит о значительном отклонении планеты от равновесия. В связи с этим значение момента инерции подбиралось таким образом, чтобы плотность коры в рассчитываемой модели была примерно равной 2,8 г/см³, считаемой сейчас наиболее вероятной. Согласно [2, 3], построение плотностных трехмерных моделей осуществляем путем вычисления плотности в любой точке внутри планеты:

$$\delta_n(\rho, \nu, \lambda) = \sum_{k=0}^n a_k \rho^k + \sum_{l=0}^k h_l \left(\sum_{i=1}^n b_k \right) \rho^k - \sum_{i=1}^k \theta_i h_i \quad (1)$$

где a_k, b_k — известные функции моментов плотности $I_{\nu \rho^n}(\delta)$ [2], глубин скачков и угловых координат ν и λ ; θ_i — стандартная разрывная функция [2]; n — степень полинома, определяемая порядком учитываемых стоксовых постоянных.

Усреднение (1) по сфере позволяет получить одномерное распределение плотности $\delta_n(\rho)$, зависящее только от безразмерного радиуса ρ . В случае использования стоксовых постоянных до 4-го порядка включительно одномерный вариант формулы (1) в рабочем виде запишем как

$$\delta_4(\rho) = A + B\rho^2 + C\rho^4 - \sum_{i=1}^3 \theta_i h_i \quad (2)$$

где А, В, С — коэффициенты, вычисляемые по моментам плотности.

По распределению плотности δ внутри планеты можно вычислить распределение с глубиной силы тяжести g и давления P по формулам

$$g(\rho) = 4\pi f R \rho \left\{ \frac{A}{3} - \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \theta_i h_i \left[1 - \left(\frac{\rho_i}{\rho} \right)^3 \right] + \frac{B}{5} \rho^2 + \frac{C}{7} \rho^4 \right\}; \quad (3)$$