

Лабораторная работа № 2

ОБРАБОТКА ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО РЕЙСА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: освоение приемов первичной обработки гравиметрических измерений.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ: выполнение задания необходимо начинать после изучения работ [39, гл. 1, 7, 8], или [28, гл. 1, 4, 7], или [27, гл. 1, 6, 8], а также изучения работ [9, 23, 17, 14].

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Вычислить абсолютные значения ускорения силы тяжести g_i на пунктах гравиметрической сети по результатам измерений, полученных в гравиметрических рейсах, выполненных по одной из предложенных методик (*а*, *б*, *в*), указанных в задании.

Исходные данные для выполнения задания по вариантам помещены в прил. 4. Номер варианта выбирается по последней цифре шифра. Она соответствует номеру гравиметра из табл. П.4.1. Из табл. П.4.2 выбираются по номеру гравиметра шкаловые поправки $f(s)$. Результаты измерений в гравиметрическом рейсе выбираются из табл. П.4.3–П.4.5. При этом, если последняя цифра шифра находится в интервале 1–3, необходимо использовать данные табл. П.4.3 (схема *а*); 4–6 – данные табл. П.4.4 (схема *б*); 7–10 – данные табл. П.4.5 (схема *в*).

Общие теоретические сведения

Гравиметрическим рейсом (далее – рейс) называется совокупность последовательных наблюдений с гравиметром на нескольких пунктах, объединенных общей характеристикой смещения нуль-пункта прибора.

Смещением нуль-пункта гравиметра называется непрерывное изменение отсчета по шкале прибора с течением времени, которое является следствием изменения упругих свойств материала, используемого для изготовления чувствительной системы.

Измерения в рейсе начинают и заканчивают на опорных гравиметрических пунктах (ОГП), на которых известно абсолютное значение ускорения силы тяжести g_0 .

Значение силы тяжести g_i на точках съёмочной сети вычисляется по формуле:

$$g_i = g_0 + \Delta g_i, \quad (5.11)$$

где Δg_i – приращение силы тяжести между исходным и определяемым пунктами, получаемое из обработки гравиметрических измерений, мГал.

Для формулы 5.11 Δg_i вычисляется следующим образом:

$$\Delta g_i = g_i^s - g_0^s + (\delta g_{nn})_i, \quad (5.12)$$

где g_i^s и g_0^s – измеренные значения силы тяжести соответственно на определяемом и опорном пунктах, мГал;

$(\delta g_{nn})_i$ – поправка за смещение нуля-пункта гравиметра, мГал.

Измеренное значение силы тяжести на определяемом пункте вычисляется по формуле:

$$g_i^s = (g_i^s)' + f(s) + \delta g_{ЛС} \quad (5.13)$$

где $(g_i^s)'$ – отсчет по шкале гравиметра, мГал.

Величина g_i^s равна

$$(g_i^s)' = C_{T_i} \cdot \bar{s}_i, \quad (5.14)$$

где C_{T_i} – цена оборота микрометрического винта гравиметра при температуре T_i , мГал/оборот,

$$C_{T_i} = C_0 + \alpha_C (T_i - T_0), \quad (5.15)$$

где C_0 – цена деления отсчетного устройства гравиметра при $T_0 = 0$ °С, мГал/оборот;

α_C – эквивалентный температурный коэффициент цены оборота микровинта, мГал/(оборот × градус);

\bar{s}_i – средний отсчет по микрометру на i -м пункте, в оборотах:

$$\bar{s}_i = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{n}; \quad (5.16)$$

n – количество отсчетов s_i по микрометру на i -ом пункте, принятых в обработку;

$f(s)$ – поправка, учитывающая нелинейность шкалы микрометра, в мкГал;

$\delta g_{ЛС}$ – поправка за приливное влияние Луны и Солнца, в мГал,

$$\delta g_{ЛС}^* = \delta g_L + \delta g_C.$$

Значения C_0 , α_c и $f(s)$ определяются при лабораторных исследованиях гравиметров по методике, изложенной в работе [6]. При вычислении они известны. Значение $\delta g_{ЛС}$ рассчитывается по формулам, приведенным в работах [1, 2, 7]. В рейсах продолжительностью менее трех часов $\delta g_{ЛС}$ не учитывается.

Поправка за смещение нуля-пункта гравиметра вычисляется по формуле:

$$(\delta g_{н.})_i = k \cdot \Delta t_i; \quad \Delta t_i = t_i - t_0, \quad (5.17)$$

где k – коэффициент (скорость) смещения нуля-пункта гравиметра в рейсе, мГал/час;

t_i и t_0 – время взятия отсчетов по прибору на определяемом и исходном пунктах соответственно, в часах и минутах.

В практике гравиметрических работ рейсы обычно выполняются по следующей схеме.

1. Прямой ход между двумя опорными пунктами.
2. Замкнутый ход с одним опорным пунктом.
3. Прямой и обратный ход.

1. Для рейса, выполненного между двумя опорными гравиметрическими пунктами в прямом ходе, k вычисляется по формуле:

$$k = \frac{(s_{01} - s_{02})C - (g_{01} - g_{02})}{t_2 - t_1}, \quad (5.18)$$

* Пример вычисления $\delta g_{ЛС}$ приведен в лабораторной работе № 3

где S_{01} и S_{02} – отсчеты по гравиметру на опорных гравиметрических пунктах ОГП-1 и ОГП-2;

C – цена оборота измерительного винта гравиметра;

g_{01} и g_{02} – значения силы тяжести на пунктах ОГП-1 и ОГП-2, полученные из уравнивания опорной сети;

t_1 и t_2 – время снятия отсчетов по шкалам гравиметра на опорных пунктах ОГП-1 и ОГП-2.

2. Если рейс начинается и заканчивается на одном пункте, то

$$k = \frac{(g_1^s)_n - (g_1^s)_k}{t_k - t_n}, \quad (5.19)$$

где $(g_1^s)_n$ и $(g_1^s)_k$ – измеренное значение силы тяжести на опорном пункте в начале и в конце рейса соответственно;

t_n и t_k – время снятия отсчетов по шкале микрометра соответственно в начале и в конце рейса.

3. В рейсе, выполненном по методике «прямой и обратный ход», коэффициент смещения нуля-пункта гравиметра вычисляется по формуле:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta g_i^s \cdot \Delta T_i}{\sum_{i=1}^m \Delta T_i^2}, \quad (5.20)$$

где Δg_i^s и ΔT_i – разности измеренных значений силы тяжести и времени на одноименных пунктах в прямом (Π) и обратном (O) ходе;

m – количество пунктов с повторными измерениями Δg_i^s и ΔT_i , т. е.

$$\Delta g_i^s = (g_i^s)'_{\Pi} - (g_i^s)'_O; \quad \Delta T_i = (t_i)_O - (t_i)_{\Pi}. \quad (5.21)$$

Последовательность действий при обработке гравиметрического рейса.

1. Выписать из полевого журнала в ведомость обработки (табл. 2.1) номера съемочных точек или их названия, средние моменты времени \bar{t}_i

снятия отсчетов по шкале микрометра в долях часа и средние отсчеты \bar{S}_i в оборотах микрометра.

2. Вычислить измеренные значения силы тяжести в точках наблюдения g_i^s по формулам (5.13) – (5.15).

3. Вычислить поправки за смещение нуля-пункта гравиметра по формулам (5.17) и (5.18), а при необходимости – по формулам (5.19) и (5.20).

4. Вычислить приращение силы тяжести Δg_i между определяемым и исходным пунктами по формуле (5.12).

5. Вычислить абсолютные значения силы тяжести на всех точках съемочной сети по формуле (5.11).

Пример обработки гравиметрического рейса

Гравиметрический рейс выполнен в прямом ходе между двумя опорными пунктами с абсолютными значениями силы тяжести 981 245,000 мГал и 981 217,500 мГал.

Измерения проведены гравиметром ГНУ-КВ № 111 с ценой оборота отсчетного устройства $C_0 = 7,0001$ мГал/оборот и эквивалентным температурным коэффициентом $\alpha_C = -13,17 \cdot 10^{-4}$ мГал/(оборот · градус) (см. прил. 4, табл. П.4.1).

Результаты обработки полевого гравиметрического журнала (средний отсчет по шкале микрометра \bar{S}_i и время его снятия t_i (в долях часа), название i -го пункта, а также температура гравиметра) вносятся в графы 1–4 ведомости обработки гравиметрического рейса (табл. 5.1).

Значения шкаловых поправок $f(s)$ для каждого оборота микрометрического винта можно выбрать из табл. П.4.2. При этом значение поправки на доли оборота определяется линейной интерполяцией.

Для определения $f(s)$ можно построить график изменения $f(s)$ по табличным значениям и «снимать» с него величину поправки. Пример такого графика приведен на рис. 5.5.

При обработке гравиметрических рейсов рекомендуется использовать ведомость обработки и необходимые формулы для вычислений, приведенные в прил. 5, табл. 5.1.

Ведомость обработки результатов гравиметрических измерений

Назв. пунктов	t_i , час	T , °C	\bar{s}_i , обор.	$(g_i^s)'$, мГал	$f(\bar{s}_i)$, мкГал	$\delta g_{лс}$, мГал	g_i^s , мГал	Δt_i , ч	$(\delta g_{ин.})_i$, мГал	Δg_i , мГал	g_i , мГал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОГП1	9,00	12,0	4,500	-31,572	6	-	-31,566	0,00	0,000	0,000	981 245,000
1	9,20	12,0	5,200	-36,483	-11	-	-36,494	0,20	-0,009	-4,937	240,063
2	9,30	12,0	6,400	-44,402	-28	-	-44,930	0,30	-0,014	-13,378	231,622
3	9,70	12,5	2,000	-14,033	32	-	-14,011	0,70	-0,032	17,533	262,533
4	9,90	12,5	6,200	-43,503	-33	-	-43,536	0,90	-0,040	-12,010	232,990
5	10,00	12,5	5,100	-35,784	-8	-	35,792	1,00	-0,045	-4,451	240,549
ОГП2	11,00	13,0	8,400	-58,945	-31	-	-58,976	2,00	-0,090	-27,500	981 217,500

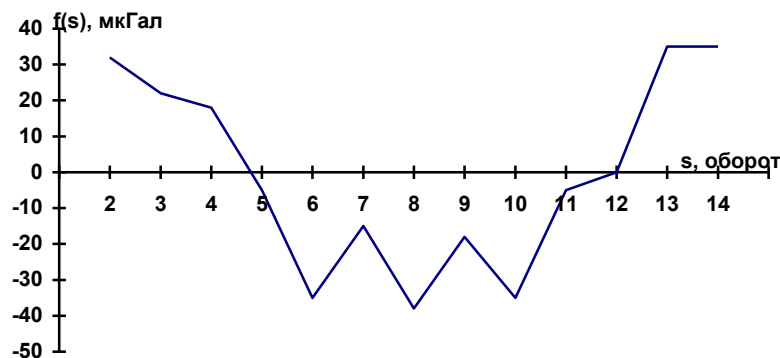


Рис. 5.5. График шкаловых поправок $f(\bar{s})$ гравиметра ГНУ-КВ № 111 (построен по данным табл. П.4.2. прил. 4)

После выполнения вычислений составляются ведомости значений силы тяжести на пунктах съемочной сети и производится оценка точности результатов измерений.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каким еще способом можно вычислить поправку за смещение нуля-пункта гравиметра?

2. Что характеризует шкаловая поправка $f(s)$ и что определяет ее величину?
3. Перечислите и охарактеризуйте способы определения цены деления отсчетного устройства гравиметра.
4. Что такое абсолютное значение ускорения силы тяжести и каковы способы его определения?

Исходные данные для выполнения лабораторной работы № 2

Таблица П.4.1

Коэффициенты линейного уравнения гравиметров и их погрешности

Номер гравиметра		C_0 ,	$\overline{M}_C \cdot 10^{-4}$,	$\alpha_C \cdot 10^{-4}$,	$\overline{M}_{\alpha_C} \cdot 10^{-4}$,	$g_{\text{огп-2}}$,
порядко- вый	по паспорту	$\frac{\text{мГал}}{\text{оборот}}$	$\frac{\text{мГал}}{\text{оборот}}$	$\frac{\text{мГал}}{\text{оборот} \cdot \text{градус}}$	$\frac{\text{мГал}}{\text{оборот} \cdot \text{градус}}$	мГал
1	111	-7,0001	$\pm 16,74$	-13,17	$\pm 1,97$	981 448,420
2	401	-7,6854	9,22	-7,60	1,72	981 447,489
3	413	-6,8691	11,12	-10,42	1,45	981 448,716
4	44	-7,8001	15,04	-40,59	2,01	981 447,178
5	73	-7,0956	16,53	-12,30	1,63	981 448,259
6	76	-7,1321	12,47	-10,31	1,99	981 448,208
7	116	-8,0758	7,43	-24,17	1,43	981 446,868
8	650	-8,1515	13,91	-2,70	1,13	981 446,581
9	1 172	-6,6769	4,90	-1,45	0,82	981 449,018
10 (0)	375	-7,1081	6,58	-2,16	1,10	981 448,279

Таблица П.4.2

Шкаловые поправки $f(s)$, мкГал

Номер грави- метра	Обороты микровинта														$M(f)$, мкГал
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
111	32	22	17	-5	-37	-15	-39	-18	-36	-2	0	36	36	20	± 27
401	16	-6	-6	7	-2	21	18	-30	-13	22	0	44	-24	-5	24
413	1	1	0	4	1	-1	0	6	-2	-5	-5	-10	0	3	17
44	0	-11	20	31	17	18	8	-51	-95	79	5	-13	0	6	31
73	0	-5	-3	-13	-10	27	-3	-22	0	-17	12	14	24	10	13
76	0	21	10	7	10	-18	26	-17	19	-37	17	0	-43	-15	16
116	2	-12	-2	0	-13	8	-18	-2	-22	8	-6	14	36	0	10
650	28	6	0	-4	-17	-16	-7	-18	-17	-10	13	20	23	5	13
1 172	0	-3	-2	0	0	2	-1	-2	3	-1	1	0	2	2	7
375	13	3	-2	0	4	-7	-8	-3	2	-5	0	7	-1	3	8

Результаты наблюдений в гравиметрическом рейсе, выполненном по следующим схемам.

Таблица П.4.3

1. Между двумя опорными гравиметрическими пунктами ОГП-1* и ОГП-2

Название пункта	Время Т, h м	Отсчет \bar{S} , обор.	t, °C	Название пункта	Время Т, h м	Отсчет \bar{S} , обор.	t, °C
ОГП-1	9 15	6,589	20,0	8	10 33	11,998	
1	9 23	5,327		9	10 42	12,252	
2	9 34	3,152		10	10 54	13,508	21,0
3	9 44	2,008		11	11 03	14,643	
4	9 53	4,298		12	11 12	10,828	
5	10 06	7,456	20,5	13	11 24	9,777	
6	10 15	9,701		14	11 32	8,915	
7	10 25	10,825		ОГП-2	11 51	8,125	21,5

Таблица П.4.4

2. С опорой на один гравиметрический пункт ОГП-1

Название пункта	Время Т, h м	Отсчет \bar{S} , обор.	t, °C	Название пункта	Время Т, h м	Отсчет \bar{S} , обор.	t, °C
ОГП-1	7 00	4,021	11,0	6	9 01	6,400	11,5
1	7 21	5,250		7	9 20	8,602	
2	7 43	4,032		8	9 42	7,000	
3	8 00	3,500		9	10 03	5,254	
4	8 22	2,200		10	10 22	6,301	
5	8 40	4,040		ОГП-1	10 41	4,109	12,0

Таблица П.4.5

3. Прямой и обратный ход

Название пункта	Время Т, h м	Отсчет \bar{S} , обор.	t, °C	Название пункта	Время Т, h м	Отсчет \bar{S} , обор.	t, °C
ОГП-1	9 46	5,443	21,0	4	13 01	9,532	20,5
1	10 32	6,265		3	13 40	10,168	
2	10 55	7,850		6	14 14	4,100	
3	11 35	10,032		2	14 51	8,111	
4	12 18	9,453		1	15 16	6,636	
5	12 37	3,574	20,5	ОГП-1	15 51	5,555	20,0

*Для всех вариантов $g_{огп-1} = 981\,459,500$ мГал.