

Рис. 7. График зависимости показаний гравиметра от наклона плоскости, содержащей ось маятника

5. Ось продольного уровня должна быть параллельна оси вращения поворотной рамы

При помощи подъемных винтов приводят круглый уровень на середину. Если имеется угол между осью вращения поворотной рамы гравиметра и осью маятника, то пузырьки цилиндрических уровней сойдут с середины. В этом случае подбором прокладок разной толщины, укладываемых между текстолитовой платой и поворотной рамой, вывести пузырьки цилиндрических уровней на середину. При этом наблюдают, чтобы пузырек круглого уровня оставался в середине. Затем необходимо проверки 2, 3 и 4 повторить.

Приложение 26. Исследование термостатов гравиметра ГАГ-2

Период переключения термостата (сумма промежутков времени нагрева и охлаждения) должен быть не более 100 с.

Спустя сутки после включения термостатов выполняют серию измерений промежутков времени нагрева и охлаждения внутреннего и внешнего термостатов. (Табл. 26.1). Измерения выполняют с помощью секундомера, наблюдая за сигнальной лампочкой или амперметром гравиметра.

Таблица 26.1

№ гравиметра	№№ пп	Время нагрева и охлаждения		Период переключения $\tau = \tau_{\text{нагр}} + \tau_{\text{охлажд}}$
		$\tau_{\text{нагр}}$ (С)	$\tau_{\text{охлажд}}$ (С)	
ГАГ-2 № 31 (внутренний термостат)	1	35	45	80
	2	36	45	81
	3	35	46	81
	4	35	45	80
	5	35	46	81
	6	36	45	81
	7	35	45	80
	8	37	44	81
	9	35	47	82
	10	36	45	81
Среднее				81

В случае невыполнения указанного условия заменяют (подбирают) контактные термометры внутреннего или внешнего термостатов.

Приложение 27. Определение барометрических коэффициентов гравиметров ГАГ-2 и ГНУ-К

1 способ. Наблюдатель с соответствующим гравиметром находится в барокамере. Берут отсчет по гравиметру (соответственно угол v_v или n_v) при нормальном атмосферном давлении В. Понижают давление в барокамере до B_1 (на ≈ 300 мм рт. столба). В случае необходимости улучшают горизонтирование гравиметра. Берут отсчет по гравиметру (v_{v1} или n_{v1}). Открывают барокамеру. При необходимости вновь улучшают горизонтирование гравиметра. Берут отсчет по гравиметру (v''_v или n''). Вычисляют показания гравиметра g^r в миллигалах. Вычисляют значение барометрического коэффициента по формуле:

$$b = \frac{g''_v - g''_1}{B - B_1}$$

где $g''_v = (g''_v + g''_n) / 2$.

2 способ. Гравиметр находится в специальной барокамере, оборудованной подъемными винтами, наблюдатель - вне ее.

Гравиметр ГАГ-2. Настраивают диапазон гравиметра равным 10'. Гравиметр устанавливают в барокамеру так, чтобы извне можно было наблюдать за положением подвижного индекса маятника на окулярной шкале гравиметра. Нивелируют гравиметр. Наводящим винтом наклоняют поворотную часть его в такое положение, чтобы подвижный индекс маятника находился в середине окулярной шкалы. Берут отсчет по окулярной шкале n и измеряют атмосферное давление В. Закрывают барокамеру и уменьшают в ней давление до значения B_1 (\approx на 300 мм рт столба). В случае необходимости улучшают горизонтирование гравиметра подъемными винтами барокамеры. Берут отсчет по шкале гравиметра n'' . Такие измерения проводят не менее трех раз. Вычисляют показания гравиметра в мГал: $g^r = C n$.

Вычисляют значение барометрического коэффициента

$$b = \frac{g''_n - g''_1}{B - B_1}$$

Гравиметр ГНУ-К. Устанавливают гравиметр в барокамере в рабочем положении и совмещают подвижный индекс маятника с нулевым делением окулярной шкалы гравиметра. Берут отсчет по шкале гравиметра n' и измеряют атмосферное давление B . Закрывают барокамеру и уменьшают в ней давление до значения B_1 (примерно на 300 мм рт. столба.). В случае необходимости улучшают нивелировку гравиметра подъемными винтами барокамеры. Берут отсчет по окулярной шкале гравиметра n' . Открывают барокамеру. В случае необходимости улучшают горизонтирование гравиметра. Берут отсчет по шкале гравиметра n'' . Такие измерения повторяют не менее трех раз. Вычисляют показания гравиметра в мГал $g^r = Cn$ («С» - цена одного деления окулярной шкалы, полученная для данного гравиметра в процессе его регулировки при определении цены деления наклоном; Приложение 34, или приближенно по Приложению 31).

Вычисляют значение барометрического коэффициента

$$b = \frac{g_2^r - g_1^r}{B - B_1}$$

Пример. В исходном положении подвижный индекс маятника совмещен с нулевым делением окулярной шкалы. В этом случае $g_b^r = 0$. После изменения давления на 300 мм рт. ст. отсчет « n » по окулярной шкале оказался равным 2 делениям. Приняв по данному пункту 2.3. Приложения 34, $C = 0,180$ мГал/деление, вычисляем барометрический коэффициент

$$b = \frac{0,180 \cdot 2 - 0}{300} = 0,0012 \text{ мГал/мм рт. столба,}$$

что соответствует требованиям ГОСТ.

Согласно ГОСТ 13017-83 для гравиметров ГНУ-К класса «В» эта величина должна быть не более 0,0017 мГал/мм рт. столба.

Для гравиметров ГАГ-2, на которые не распространяются требования ГОСТ 13017-83, но которые по своим точностным характеристикам ближе всего к классу «С», барометрический коэффициент « b » должен быть не более 0,0021 мГал/мм рт. ст.

Приложение 28. Определение диапазона возможных измерений гравиметром

Перед началом полевых работ определяют диапазон возможных измерений гравиметром разностей силы тяжести. Определение включает следующие этапы:

- определение диапазона возможных измерений разности без перестройки гравиметра;
- определение цены деления диапазонного винта;
- определение необходимого диапазона измерений при перестройке гравиметра.

1. Определение диапазона измерений разностей ускорения силы тяжести без перестройки гравиметра

Гравиметр ГАГ-2. Диапазон измерений гравиметром ГАГ-2 в сторону увеличения силы тяжести практически не ограничен, а в сторону уменьшения - ограничен углом раствора, равным нулю. Возможный диапазон измерений определяют следующим образом:

- устанавливают гравиметр на пункте с известной величиной силы тяжести g_0 ;
- измеряют угол раствора $2v$;
- вычисляют показание гравиметра g^r ;
- вычисляют минимальное значение силы тяжести g , при котором возможно наблюдение по гравиметру ГАГ-2, по формуле

$$g = g_0 - g^r$$

Пример определения диапазона приведен в табл. 28.1.

Таблица 28.1

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИАПАЗОНА ИЗМЕРЕНИЙ ГРАВИМЕТРА ГАГ-2 БЕЗ ПЕРЕСТРОЙКИ

Гравиметр ГАГ-2 № 31

$g_0 = 981540$

Наблюдатель _____

20 декабря 2001 г.

β_1	β_2	$2v = \beta_1 - \beta_2$	v
79°26'15"	75°14'10"	4°12'05"	2°06'02"

$$g^r = 659 \text{ мГал.}$$

Значение угла v достаточно знать с точностью до 1', а значение g^r - до 1 Гал.

Гравиметр ГНУ-К. Диапазон измерений гравиметром ГНУ-КВ должен быть не менее 80 мГал. Определения выполняют следующим образом:

- устанавливают гравиметр на пункте с известной величиной ускорения силы тяжести g_0 ;
- совмещают подвижный индекс маятника с нулевым делением окулярной шкалы и отсчитывают по микрометренному винту n_0 ;
- определяют минимальный (n_{\min}) и максимальный (n_{\max}) обороты микрометренного винта;
- определяют диапазон измерений гравиметром без перестройки с учетом рекомендации не выполнять измерений на крайних оборотах микрометренного винта, т.е. диапазон определяют в пределах 1 и 14 оборотов по формуле

$$d = K (n_{\max} - n_{\min}),$$

где K - цена деления в мГал/оборот.

2. Определение цены деления диапазонного винта

Гравиметр ГНУ-К укрепляют в установке для определения цены деления гравиметра УЭГП-1 (или УЭГП-3). Определение целесообразно выполнять одновременно с определением цены деления гравиметра методом наклона (Приложение 34). Гравиметр ГАГ-2 устанавливают на пункте.

Далее определения выполняют таким же способом, как для гравиметра ГНУ-К, установленного в УЭГП, так и для гравиметра ГАГ-2:

- приводят гравиметр в рабочее положение;
- устанавливают диапазонный ключ и немного поворачивают диапазонный винт;
- измеряют угол раствора 2γ и отсчитывают по диапазонному винту n_1 (по положению диапазонного ключа);
- ввинчивают диапазонный винт до упора;
- измеряют угол раствора и берут отсчет диапазонного винта n_2 ;
- вычисляют по углам раствора показания g'_1 и g'_2 гравиметра в двух положениях диапазонного винта;
- вычисляют цену деления оборота диапазонного винта по формуле

$$K_D = \frac{g'_2 - g'_1}{n_2 - n_1}$$

Пример определения цены деления диапазонного винта гравиметра ГАГ-2 или ГНУ-К приведен в табл. 28.2.

Таблица 28.2

Гравиметр ГАГ-2 № 31

Наблюдатель _____

20 декабря 2001 г.

Отсчет диап. винта	β_1	β_2	2γ	G^r , мГал
0,0	79°26'	75°14'	4°12'	658
+ 6,3	82°16'	72°24'	9°52'	3644

$$K_D = \frac{2986}{6,3} \cong 470 \text{ мГал/оборот}$$

3. Определение необходимого диапазона перестройки гравиметра

После выполнения операций, перечисленных выше, для определения цены деления диапазонного винта диапазонным ключом вывинчивают этот винт до отрыва его от штока, ведущего диапазонную пружину, и отсчитывают по диапазонному винту n_0 .

Определяют необходимый диапазон перестройки гравиметра в сторону увеличения силы тяжести по формуле

$$Dg = K_D (n_0 - n_1).$$

Приложение 29. Установка диапазона измерений для гравиметра ГАГ-2

Перед началом лабораторных исследований, полевых работ или отдельного рейса устанавливают оптимальный диапазон гравиметра путем изменения угла раствора 2γ . Установка диапазона состоит из следующих операций.

1. Определение максимальной разности значений силы тяжести при предстоящих работах.
2. Вычисление и установка угла раствора гравиметра.
3. Контроль величины угла раствора гравиметра.

1. Определение максимальной разности значений силы тяжести при предстоящих работах. По имеющимся данным с точностью 10 - 20 мГал определяют наибольшее значение силы тяжести для пунктов района работ и вычисляют их разности по отношению к исходному пункту, где установлен гравиметр. Возможны три случая:

- а) разности положительны;
- б) разности отрицательны;
- в) одна из разностей положительна, а другая - отрицательна.

2. Вычисление и установка угла раствора гравиметра. Вычисление угла раствора гравиметра ν выполняют в случае отрицательного значения измеряемой разности значений силы тяжести. Если измеряемая разность силы тяжести положительна, то устанавливают угол раствора порядка 10 - 15'.

Установку угла раствора выполняют следующим образом.

Измеряют угол раствора, отсчитывая по угломерному устройству гравиметра β_1 и β_2 ; вычисляют $\beta_0 = 1/2 (\beta_1 + \beta_2)$; вычисляют $\beta'_2 = \beta_0 + \nu$. С помощью барабана микрометра угломерного устройства и микрометрического дифференциального винта наклоняют подвижную часть гравиметра так, что отсчет по угломерному устройству становится равным β'_2 .

Диапазонным винтом приводят подвижной индекс маятника упругой системы на середину поля зрения окуляра.

3. Выполняют контрольное измерение угла раствора гравиметра. Измеренный угол раствора должен быть больше ν .

Ниже приведен пример измерений и вычислений при установке диапазона для гравиметра ГАГ-2.

Таблица 29.1

ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЙ И ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ УСТАНОВКЕ ДИАПАЗОНА ДЛЯ ГРАВИМЕТРА ГАГ-2

ГРАВИМЕТР № 31

Наблюдатель: Щеглов С.Н.

1.06.2000 г.

β_1	β_2	$\beta_0 = 1/2 (\beta_1 + \beta_2)$
До установки угла раствора 10°25'15"	11°27'20"	10°56'18" + 1°25'
9°31'30"	12°21'55"	$\beta'_2 = 12°21'18"$ После установки угла раствора $2\nu = 2°50'25"$ $\nu = 1°25'12"$ $g^r = 300$ мГал
Измеряемая разность значений силы тяжести $\Delta g = -300$ мГал; $\nu \geq 1°25'$		

Приложение 30. Осмотр и проверки гравиметра ГНУ-К

1. Осмотр гравиметра. Его выполняют визуально. Узлы гравиметра не должны иметь механических повреждений; внешняя отделка, включая покрытия, должна соответствовать требованиям технической документации; осматривают термометры, проверяют их соответствие гравиметру и диапазону измеряемых температур; проверяют кабель питания и разъемы. Гравиметр должен быть укомплектован документацией - формуляром (паспортом), техническим описанием и инструкцией по эксплуатации.

2. Проверка и регулировка хода подъемных винтов. Вращение подъемных винтов должно осуществляться легко и плавно. При обнаружении тугого или неравномерного вращения, вывернув подъемные винты, промывают их в бензине, а затем покрывают смазкой. Перед ввинчиванием их основание прибора должны быть очищены также гнезда-гайки.

В случае неисправности подъемных винтов прибор возвращают на завод-изготовитель.

3. Проверка плавности вращения микрометрического винта. Все деления отсчетного устройства гравиметра должны быть четкими, хорошо видимыми (деления целых оборотов микрометрического винта, деления долей оборотов, отсчетного верньера).

Вращение микрометрического винта отсчетного устройства гравиметра должно быть плавным и легким во всем его рабочем диапазоне.

Проверку осуществляют медленным вращением микрометрического винта от 0 до 15 оборотов. Обращают внимание на плавность вращения самого винта при вращении его как по ходу, так и против хода часовой стрелки при переходе счетчиком оборотов целых его делений, на взаимное расположение барабана винта и отсчетного верньера. Не должно быть соприкосновения друг с другом близко расположенных частей счетчика оборотов микрометрического винта.

Неисправности в работе отсчетного устройства исправляют на заводе-изготовителе.

4. Проверка положения шкалы в поле зрения окуляра гравиметра. Штрихи шкалы в поле зрения окуляра гравиметра должны иметь четкое изображение и быть параллельными изображению подвижного индекса маятника упругой системы гравиметра.

Проверку выполняют перед настройкой диапазона измерений силы тяжести.

Четкость изображения штрихов шкалы окуляра регулируют перемещением верхней части окуляра гравиметра. Изображение индекса маятника упругой системы гравиметра должно состоять из двух темных полос, разделенных светлой, ширина которой не должна превышать удвоенную толщину штриха шкалы окуляра гравиметра. Регулировку четкости изображения штрихов выполняют перемещением окуляра по высоте.

Нулевой штрих шкалы окуляра гравиметра устанавливают примерно посередине между двумя крайними положениями изображения подвижного индекса маятника упругой системы. Это положение определяется ограничителями движения маятника. Положение нулевого штриха шкалы регулируют поворотом эксцентричной части окуляра.

5. Проверка и установка осветительной лампочки (см. приложение 23).

6. Проверка и установка уровней гравиметра.

Сначала делают проверку продольного уровня, расположенного в направлении маятника, а затем - уровня, расположенного в направлении оси вращения маятника (поперечного). Наклоны гравиметра выполняют с помощью его подъемных винтов. Точные проверки уровней и их установку выполняют при определении цены деления наклоном согласно Приложению 34.

Приложение 31. Определение чувствительности упругой системы гравиметра ГНУ-К

Чувствительностью маятника упругой системы называют отношение перемещения индекса маятника, выраженное в делениях окулярной шкалы, к изменению силы тяжести.

Чувствительность упругой системы должна быть не менее 4 делений шкалы на мГал.

Определение чувствительности упругой системы выполняют так:

1. Устанавливают гравиметр на пункте, приводят пузырьки его уровней на середину.
2. Микрометричным винтом гравиметра последовательно совмещают индекс маятника +1 и -1 со штрихами шкалы окуляра и берут отсчеты по микрометричному винту. Совмещение с каждым штрихом (+1 и -1) выполняют не менее 3-х раз.
3. Вычисляют средние отсчеты n_1 и n_2 ; чувствительность упругой системы вычисляют по формуле

$$C = \frac{\Delta l}{K(n_2 - n_1)}, \text{ где}$$

Δl - видимое расстояние между штрихами в делениях шкалы окуляра.

K - цена деления микрометричного винта.

Если чувствительность упругой системы менее 3 делений/мГал, то гравиметр отправляют на завод-изготовитель для регулировки чувствительности.

Пример определения чувствительности упругой системы приведен в табл. 31.1.

При наличии установки УЭГП определение чувствительности следует производить согласно п. 2.3 Приложения 34.

Таблица 31.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ УПРУГОЙ СИСТЕМЫ

Гравиметр ГНУ-К № 375

Наблюдатель: Иванов П.И.

Дата 5.08.2000 г.

Номер штриха	Отсчет по гравиметру
+ 1	5,765
+ 1	5,761
+ 1	5,762
	$n_1 = 5,763$
- 1	5,816
- 1	5,819
- 1	5,819
	$n_2 = 5,818$
	$n_2 - n_1 = 0,055$

$$C = \frac{2,0}{7,13 \cdot 0,055} = 5 \text{ делений/мГал.}$$

Приложение 32. Определение времени становления отсчета для гравиметра ГНУ-К

Время становления отсчета не должно быть больше 3 минут. Определение выполняют так:

1. Устанавливают гравиметр на автомобиле (в транспортировочном ящике) и перевозят в течение 10 - 15 минут.

2. По окончании транспортировки гравиметра немедленно устанавливают его на пункте и приводят его уровни на середину.

3. Наблюдают гравиметр в течение 20 и более минут; в течение первых 5 минут берут отсчеты по гравиметру через 1 минуту, а затем через 2 мин.

4. Переводят отсчеты в миллигалы и составляют разности этих отсчетов с первым из них. Время становления отсчета вычисляют как разность моментов первого отсчета и отсчета, отличающегося от последующих не более чем на 0,03 мГал.

Определение этого времени удобно выполнять графическим способом.

В табл. 32.1 приведен пример вычислений для определения времени становления отсчета, на рис. 8 - график изменений показаний гравиметра во времени.

Таблица 32.1

ПРИМЕР НАБЛЮДЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ СТАНОВЛЕНИЯ ОТСЧЕТА

Гравиметр ГНУ-К № 375
Наблюдатель: Иванов И.И.

Дата 06.08.2002 г.
К = - 7,12 мГал/оборот.

Номер отсчета	Время h	$h_i - h_1$	Отсчет n_i	$n_i - n_1$	$K (n_i - n_1)$, мГал
1	9.15	0	4,752	0,000	0,00
2	9.16	1	4,759	0,007	0,05
3	9.17	2	4,762	0,010	0,07
4	9.18	3	4,763	0,011	0,08
5	9.19	4	4,705	0,013	0,09
6	9.20	5	4,705	0,013	0,09
7	9.22	7	4,765	0,013	0,09
8	9.24	9	4,765	0,013	0,09
9	9.26	11	4,766	0,014	0,10
10	9.28	13	4,765	0,013	0,09
11	9.30	15	4,766	0,014	0,10
12	9.32	17	4,767	0,015	0,10
13	9.34	18	4,767	0,015	0,10
14	9.36	21	4,767	0,015	0,10

$$t_{см.} = \frac{9^{\wedge}18^{18} + 9^{\wedge}19^{19}}{2} - 9^{\wedge}15^{15} \cong 3^{см.}$$

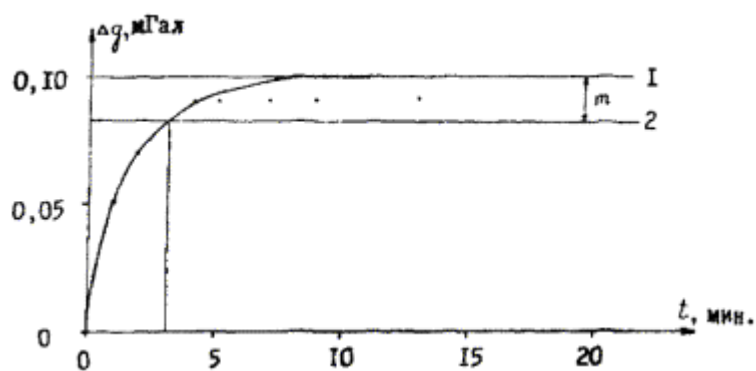


Рис. 8. График изменения показаний гравиметра во времени

Приложение 33. Определение смещения нуля-пункта гравиметра

Смещение нуля-пункта гравиметра не должно быть более 2 мГал/сутки; его вычисляют по формуле

$$\Omega = \Delta g / \Delta T = K \Delta n / \Delta T, \quad \text{где}$$

Δg - изменение показания гравиметра (в мГал) на одном и том же пункте за интервал времени ΔT .

Смещение нуля-пункта гравиметра может быть вычислено по нижеперечисленным материалам лабораторных и полевых исследований или полевых работ:

- наблюдений в лабораторных условиях продолжительностью в несколько суток;
- определения средней квадратической погрешности единичного измерения силы тяжести;
- определение цены деления гравиметра на эталонном полигоне;
- выполнения контрольного рейса;
- полевых наблюдений.

Определение смещения нуля-пункта гравиметра выполняют практически при всех лабораторных исследованиях и полевых работах.

Для примера приводится смещение нуля-пункта гравиметра в рейсе (см. Рис. 14). За интервал времени $\Delta T = 12,6 - 8,3 = 4,3$ часа показание гравиметра изменилось на

$$\Delta g = 22,21 - 22,05 = +0,16 \text{ мГал.}$$

Смещение нуля-пункта гравиметра равно

$$\Omega_c = 0,16 / 4,3 \times 24 = 0,9 \text{ мГал/сутки.}$$

Для обработки наблюдений удобнее применять не суточное, а часовое смещение, которое для нашего случая равно $\Omega_c = +0,16 / 4,3 = +0,037$ мГал/час.

Приложение 34. Определение цены деления гравиметра ГНУ-К методом наклона на установке УЭГП

Зависимость показаний гравиметра ГНУ-К в мГал в общем виде от отсчетов по микрометренному винту и температуры гравиметра является неизвестной нелинейной функцией. Для практического применения удобно представить эту функцию в виде:

$$g^r = K \times n + f(n),$$

где:

K - цена деления микрометренного винта, которую считают постоянной для всего диапазона гравиметра;

n - отсчет по микрометренному винту гравиметра;

$f(n)$ - нелинейная часть, функции n_r .

Определение цены деления гравиметра ГНУ-К методом наклона на УЭГП-1 или на УЭГП-3 (модернизированный вариант УЭГП-1) состоит из следующих основных этапов:

1. Поверка и юстировка УЭГП-1.
2. Установка и регулировка гравиметра ГНУ-К на УЭГП-1.
3. Определение цены деления гравиметра на УЭГП-1.
4. Обработка измерений.
5. Определение зависимости цены деления микрометренного винта от температуры.

1. Поверка и юстировка УЭГП-1

Угломерное устройство УЭГП-1 аналогично соответствующему устройству гравиметра ГАГ-2. До работы с УЭГП-1 необходимо обеспечить горизонтальное положение оси вращения поворотной рамы.

Для этого выполняют поверку и исправление положения оси вращения поворотной рамы УЭГП-1.

1.1. Поверка и исправление положения оси вращения поворотной рамы угломерного устройства установки УЭГП-1. Регулировка осуществляется с использованием специального накладного уровня имеющегося в комплекте установки. Первоначально проводят регулировку накладного уровня (используя для этого поворотную раму УЭГП-1) и добиваются параллельности оси уровня и плоскости его основания. Затем выверенный уровень устанавливают на верхнюю плоскость поворотной рамы параллельно оси вращения рамы и подъемными винтами установки приводят пузырек накладного уровня на середину. Исправительным винтом уровня, установленного на корпусе установки, приводят его пузырек на середину, и в дальнейшем этот уровень является показателем положения оси вращения установки.

Исследование правильности работы и ошибок оптического микрометра УЭГП-1 выполняют согласно Приложению 24.

2. Установка и регулировка гравиметра ГНУ-К на УЭГП-1

Гравиметр извлекают из корпуса и сосуда Дьюара и устанавливают в стакан УЭГП-1 так, чтобы ось вращения маятника упругой системы была перпендикулярна оси вращения поворотной рамы УЭГП-1, а маятник был направлен вправо (от наблюдателя). Соединяют стакан, содержащий чувствительную систему, со стаканом УЭГП-1 с помощью крепежных винтов последней. Подъемными винтами стакана пузырьки обеих уровней гравиметра приводят на середину. Соединительными винтами стакана жестко соединяют его с поворотной рамой УЭГП-1. Эти операции проводят не менее чем за 12 часов до начала наблюдений.

Устанавливают отсчет микрометрического винта на 0,5 - 0,8 оборота, диапазонным винтом выводят подвижный индекс маятника гравиметра на середину шкалы окуляра.

Гравиметр ГНУ-К устанавливают на УЭГП-1 так, чтобы выполнялись следующие геометрические условия:

- ось маятника упругой системы гравиметра должна быть горизонтальна;
- ось вращения маятника упругой системы гравиметра должна быть горизонтальна;
- ось вращения маятника упругой системы гравиметра должна быть перпендикулярна оси вращения поворотной рамы УЭГП-1.

Для выполнения перечисленных геометрических требований выполняют следующие поверки и юстировки.

2.1. Поверка и установка оси цилиндрического уровня параллельно оси маятника. Пузырьки обеих уровней гравиметра приводят на середину, отсчитывают по шкале подъемного винта d_0 (удобно по правому винту от наблюдателя) и по шкале микрометрического винта гравиметра n_0 . Наклоняют УЭГП-1 в положение «окуляр влево» (вращение подъемного винта по часовой стрелке) на 5 делений, отсчитывают по шкале подъемного винта d^+ , а по шкале микрометрического винта гравиметра n^+ . Наклоняют УЭГП-1 в противоположную сторону в положение «окуляр вправо» на 5 делений, берут отсчеты d^- и n^- . Далее наклоняют УЭГП-1 в положение «окуляр влево» на 10 делений, отсчитывают d^+ и n^+ . Затем наклоняют УЭГП-1 в положение «окуляр вправо», отсчитывают d^- и n^- . Наблюдения продолжают до наклонов, равных 25 - 30 делений.

Пример наблюдений приведен в табл. 34.1.

Таблица 34.1

ЗАВИСИМОСТЬ ОТСЧЕТОВ ПО ГРАВИМЕТРУ ОТ УГЛА НАКЛОНА В ПЛОСКОСТИ КОЛЕБАНИЯ МАЯТНИКА

Гравиметр ГНУ-К № 375

Наблюдатель: Сидоров И.П.

Дата: 23.01.2000 г.

Отсчеты по шкале подъемного винта		Отсчеты по шкале микрометрического винта гравиметра	
d^+ , дел.	d^- , дел.	n^+ , оборот.	n^- , оборот.
0	0	1,050	1,050
+ 5	- 5	1,075	1,052
+ 10	- 10	1,100	1,055
+ 15	- 15	1,145	1,072
+ 30	- 20	1,240	1,090
+ 25	- 25	-	1,155
+ 30	- 30	-	1,235

Строят график зависимости n от d (рис. 9). Определяют ось симметрии ломаной линии графика, определяют отсчет, соответствующий оси симметрии, который равен $d'_0 = d_0 + \Delta d$.

Установку оси цилиндрического уровня параллельно оси маятника выполняют так: устанавливают отсчет d'_0 по шкале подъемного винта УЭГП-1, исправительными винтами уровня гравиметра приводят пузырек уровня на середину.

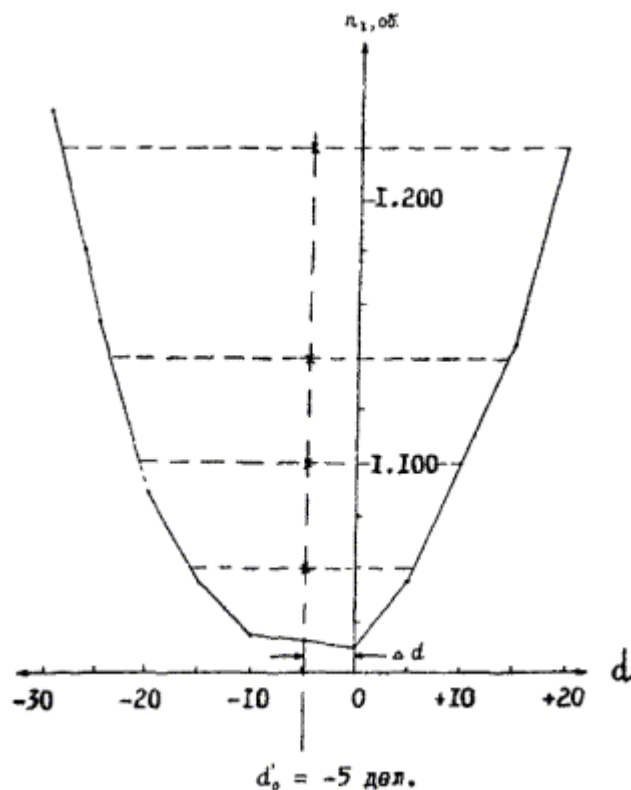


Рис. 9. График зависимости отсчетов по гравиметру от угла наклона в плоскости колебания маятника

Затем подъемными винтами УЭГП-1 приводят на середину пузырек уровня УЭГП-1. Отпускают соединительные винты стакана и его подъемными винтами приводят на середину пузырек уровня гравиметра. Зажимают соединительные винты. Проводят контрольную поверку. Поверку считают выполненной, если при повторном определении Dd меньше 1,5 деления (порядка 20").

2.2. Поверка и установка оси цилиндрического уровня параллельно оси вращения маятника. Поверку выполняют способом, аналогичным способу выполнения предыдущей поверки, за исключением того, что наклоны гравиметра осуществляют путем наклонов поворотной рамы УЭГП-1, а углы наклона измеряют угломерным устройством УЭГП-1.

Пример наблюдений приведен в табл. 34.2.

Строят график зависимости отсчетов гравиметра от углов наклона в плоскости оси вращения маятника (рис. 10). Определяют ось симметрии ломаной линии графика, вычисляют отсчет угломерного устройства, соответствующий оси симметрии, который равен

$$\beta = \beta_1 + \Delta\beta, \quad \text{где}$$

$\Delta\beta$ - поправка, определяемая графическим способом (рис. 10).

Наводящим винтом, наклоняя поворотную раму УЭГП-1, устанавливают отсчет β по угломерному устройству УЭГП-1.

Приводят на середину пузырек уровня его исправительными винтами.

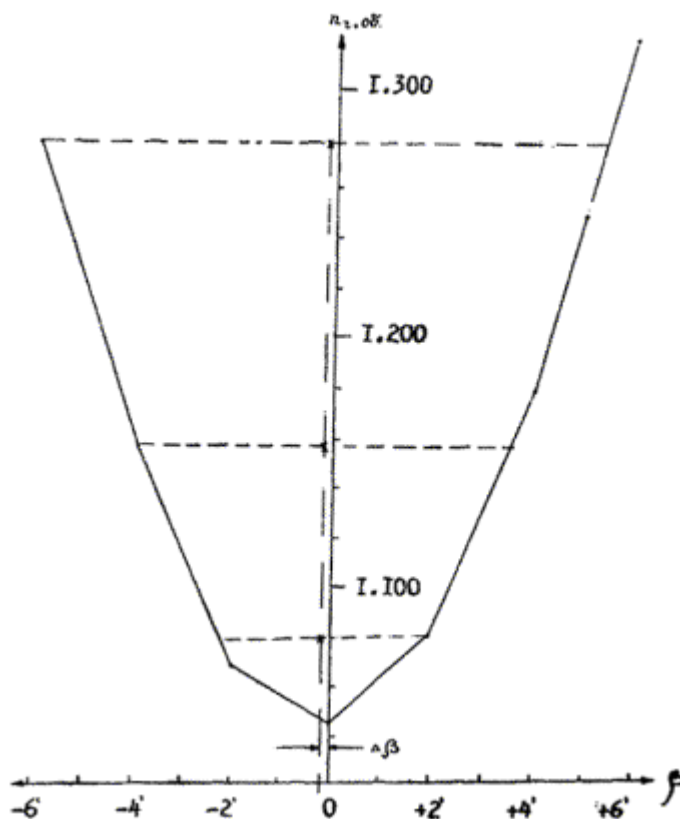


Рис. 10. График зависимости отсчетов гравиметра от углов наклона в плоскости оси вращения маятника

Таблица 34.2

ЗАВИСИМОСТЬ ОТСЧЕТОВ ГРАВИМЕТРА ОТ УГЛА НАКЛОНА В ПЛОСКОСТИ, СОДЕРЖАЩЕЙ ОСЬ
ВРАЩЕНИЯ МАЯТНИКА

Гравиметр ГНУ-К № 375

Наблюдатель: _____

Дата: 23.01.2000

Отсчеты угломерного устройства		Отсчеты по шкале микрометрического винта гравиметра	
β^+	β^-	n^+ , оборот.	n^- , оборот.
87°42'32"	87°42'32"	1,045	1,045
87°44'32"	87°40'32"	1,080	1,078
87°46'32"	87°38'32"	1,178	1,158
87°48'32"	87°36'32"	1,320	1,277

$$\beta = \beta' + \square\beta,$$

$$87^\circ 42' 32'' - 00^\circ 00' 12'' = 87^\circ 42' 20''$$

Проводят контрольную проверку. Если при контрольном определении $\Delta\beta$ меньше 20", то результат удовлетворителен. Если же при контрольном определении $\Delta\beta$ больше 20", то операцию вновь повторяют до тех пор, пока $\Delta\beta$ не станет менее 20".

2.3. Проверка и установка оси вращения маятника гравиметра перпендикулярно оси вращения поворотной рамы УЭГП-1. Устанавливают по шкале микрометрического винта отсчет, равный 14,0 - 15,0 оборотам.

Далее определяют чувствительность маятника к наклону в положениях «окуляр к себе» и «окуляр от себя». Наводящим винтом УЭГП-1 наклоняют в положение «окуляр к себе» поворотную раму с установленным на нем гравиметром так, чтобы подвижной индекс маятника совместился с одним из крайних делений (например, $m_1 = +30$, рис. 11) шкалы окуляра гравиметра и записывают отсчет по шкале и угломерному устройству β^+_1 . Наводящим винтом наклоняют поворотную раму так, чтобы подвижный индекс маятника совместился с другим крайним делением шкалы окуляра $m_2 = -30$; записывают отсчет по шкале и угломерному устройству β^+_2 .

Чувствительность гравиметра к наклону вычисляют по формуле

$$C^+ = (\beta^+_1 - \beta^+_2) / (m_1 - m_2).$$

Затем поворотную раму наклоняют в положение окуляр «от себя» и производят аналогичные измерения для определения C^- :

$$C^- = (\beta_1^- - \beta_2^-) / (m_1^- - m_2^-).$$

Порядок записи отсчетов и пример их обработки приведен табл. 34.3.

Находят величину $\Delta C = C^+ - C^-$; относительное расхождение $\Delta C / C^+$ не должно превышать $3 \div 5\%$.

В том случае, когда полученное относительное расхождение значений C^+ и C^- больше допустимого, проверку повторяют предварительно повернув гравиметр на поворотной раме вокруг вертикальной оси.

Далее поступают следующим образом: наводящим винтом УЭП-1 приводят на середину пузырек уровня, расположенного параллельно оси вращения маятника (одновременно должен оказаться на середине и пузырек второго уровня), отпускают соединительные винты стакана и поворачивают стакан, содержащий чувствительную систему, вокруг вертикальной оси; закрепляют соединительные винты так, чтобы пузырьки обоих уровней гравиметра остались на середине. Направление поворота стакана вокруг вертикальной оси определяют согласно схеме, приведенной на рис. 12, в зависимости от величин C^+ и C^- и направления маятника гравиметра.

2.4. Определение чувствительности гравиметра (цены деления окулярной шкалы). По результатам наблюдений, приведенным в таблице 34.3 (2-е приближение) вычисляют угол наклона гравиметра

$$\nu = (\beta_1^+ - \beta_1^-) / 2 = (\beta_2^+ - \beta_2^-) / 2 = 0^\circ 43' 38'' \text{ и } C''_{\text{ср.}} = (C^+ + C^-) / 2.$$

Угол ν достаточно знать до нескольких угловых секунд. Затем из таблиц для обработки результатов определения цены деления гравиметра методом наклона находят значение Р.Р. для данного угла. В нашем случае Р.Р. = 0,060 мГал, а чувствительность равна

$$C = C''_{\text{ср.}} \times \text{Р.Р.} = 3,00 \times 0,060 = 0,180 \text{ мГал/дел.}$$



Рис. 11. Схема совмещения подвижного индекса маятника с делениями окулярной шкалы гравиметра при определении чувствительности маятника к наклону

Таблица 34.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МАЯТНИКА К НАКЛОНУ

Гравиметр ГНУ-К № 375

Наблюдатель: Егоров Н.И.

Дата: 23 января 2000 г.

Положение гравиметра	Отсчеты А		$C = \frac{A_1 - A_2}{m_1 - m_2}$ с/дел.	$\Delta C = C^+ - C^-$ с/дел.	$\frac{\Delta C}{C}$
	$m^1 = +30, \text{ дел.}$ A_1^+ / A_1^-	$m^1 = -30, \text{ дел.}$ A_2^+ / A_2^-			
1 приближение отсчет по горизонтальному лимбу $+0^\circ,8$					
«окуляр к себе»	$7^\circ 44' 07''$	$7^\circ 42' 01''$	2,10"	1,28"	0,38
«окуляр от себя»	$8^\circ 57' 35''$	$9^\circ 00' 58''$	3,38"		
2 приближение, отсчет по горизонтальному лимбу $+2^\circ,8$					
«окуляр к себе»	$7^\circ 36' 40''$	$7^\circ 33' 38''$	3,03"	0,05"	0,02
«окуляр от себя»	$9^\circ 03' 55''$	$9^\circ 00' 57''$	2,97"		

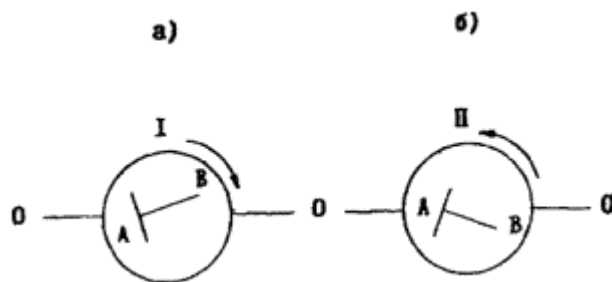


Рис. 12. Схема направления поворота гравиметра вокруг вертикальной оси

- а) $C^+ > C^-$,
 б) $C^+ < C^-$.

3. Определение цены деления гравиметра ГНУ-К на установке УЭГП-1

Относительная погрешность определения цены деления гравиметра должна соответствовать требованиям ГОСТ 13017-83. Определение цены деления выполняют не менее чем тремя приемами.

Каждый прием состоит из следующих операций:

1. Приводят пузырьки уровней гравиметра на середину и берут отсчет по микрометру гравиметра n'_0 .
2. Устанавливают минимальный (в целых оборотах) отсчет микрометра гравиметра. Наводящим винтом УЭГП-1 наклоняют ее поворотную раму в положение «окуляр к себе» до совмещения подвижного индекса маятника с нулевым делением шкалы окуляра. Отсчитывают угломерное устройство β_1^+ . Операцию повторяют, для чего поворачивают против часовой стрелки на 0,05 - 0,10 делений микрометрический винт гравиметра и вновь ставят прежний отсчет n_1 ; наводящим винтом УЭГП-1, вращая его против часовой стрелки, смещают подвижной индекс маятника и вновь совмещают его с нулевым делением шкалы. Отсчитывают угломерное устройство β''_1^+ .
3. Устанавливают новый отсчет n_2 микрометра гравиметра и выполняют операции, описанные в пункте 2. Дважды отсчитывают угломерное устройство β_2^+ (β_2^{+1} и β_2^{+2}).
4. Последовательно устанавливают отсчеты $n_3^+, n_4^+, \dots, n_{\max}^+$ микрометра гравиметра и для каждого отсчета n_i выполняют операции, описанные в пункте 2. Отсчитывают угломерное устройство для каждого n_i , соответственно $\beta_3^+, \beta_4^+, \dots, \beta_{\max}^+$.
5. По окончании наблюдений, не изменяя отсчет по гравиметру, наклоняют поворотную раму УЭГП-1 в положение «окуляр от себя» до совмещения подвижного индекса маятника с нулевым делением шкалы окуляра. Отсчитывают угломерное устройство β_{\max}^- . С целью контроля вычисляют положение места горизонта по формуле

$$\beta_{\text{гр}}^- = \frac{1}{2} (\beta_{\max}^+ + \beta_{\max}^-).$$

6. Последовательно устанавливают отсчеты $\dots, n_4^-, n_3^-, n_2^-, n_1^-$ микрометра и для каждого отсчета n_i выполняют операции, описанные в пункте 2. Отсчитывают угломерное устройство для каждого n_i , соответствующего $\beta_4^-, \beta_3^-, \beta_2^-, \beta_1^-$.

Для каждого n_i вычисляют $\beta_{\text{гр}i}$. Расхождения вычисленных $\beta_{\text{гр}i}$ для всего приема не должны превышать 3".

7. Наводящим винтом УЭГП-1 устанавливают отсчет $\beta_{\text{гр}}$. Отсчитывают по микрометру гравиметра n''_0 .

Установку отсчетов n_i обычно выполняют шагом в один оборот. Пример наблюдений и вычислений приведен в таблице 34.4.

4. Обработка результатов определения цены деления гравиметра ГНУ-К на установке УЭГП-1

В журнале наблюдений (табл. 34.4) вычисляют углы наклона $2 \nu_i$ и ν_i ; $\nu_i = (\beta_i^+ - \beta_i^-) / 2$. Из таблиц для обработки наблюдений при определении цены деления гравиметров методом наклона, прилагаемых к каждой установке УЭГП, по аргументу угла ν_i выбирают значения g_i^r ; вычисляют контрольные значения разностей $k'_i = g_{i+1}^r - g_i^r$. Выполняют обработку данного приема по способу наименьших квадратов (табл. 34.5), приняв за приближенное значение K' среднее значение $K_{\text{ср}}$ из табл. 34.4. Определяют $K = K' + \Delta K$, где $\Delta K = [a'l'] / [aa]$, а $f_{(n)} = \Delta k a_i - l'_i$. Как правило, при одной температуре осуществляют наблюдение не менее трех приемов определения цены деления гравиметра (например, группа А, табл. 34.7). Составляют сводку значений шкаловых поправок для данной группы (например, табл. 34.6). Строят график шкаловых поправок отчетной шкалы гравиметра (рис. 13.). Составляют сводку значений величин цены деления с учетом всех групп (табл. 34.7).

Таблица 34.5

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ ГРАВИМЕТРА МЕТОДОМ НАКЛОНА

Гравиметр ГНУ-К № 375

Установка УЭПП-1 № 17 Пункт: Ледово

Температура термостата +15,0 Дата: 23.11.01 г.

Вычислил: Иванов И.И.

n	-g ^r	$\tilde{g} = \bar{n} - n_i$	$l' = g^r - g_i$	K'a	$l'' = l' - K'a$	aa	al''	ΔKa	f(n) = Dka - l''
2,000	-7,412	+6,000	-42,636	-42,720	+0,084	+36,00	+1,050	+0,055	-0,029
3,000	-14,491	+5,000	-35,557	-35,600	+0,043	+25,00	+0,215	+0,046	+0,003
4,000	-21,565	+4,000	-28,483	-28,480	-0,003	+16,00	-0,012	+0,037	+0,040
5,000	-28,683	+3,000	-21,365	-21,360	-0,005	+9,00	-0,015	+0,028	+0,033
6,000	-35,803	+2,000	-14,245	-14,240	-0,005	+4,00	-0,010	+0,018	+0,023
7,000	-42,977	+1,000	-7,071	-7,120	+0,049	+1,00	+0,049	+0,009	-0,040
8,000	-50,050	0,000	+0,002	0,000	+0,002	0,00	0,000	0,000	-0,002
9,000	-57,173	-1,000	+7,125	+7,120	+0,005	+1,00	-0,005	-0,009	-0,014
10,000	-64,258	-2,0000	+14,210	+14,240	-0,030	+4,00	+0,060	-0,018	+0,012
11,000	-71,299	-3,000	+21,251	+21,360	-0,109	+9,00	+0,327	-0,028	+0,081
12,000	-78,471	-4,000	+28,423	+28,480	-0,057	+16,00	+0,228	-0,037	+0,020
13,000	-85,605	-5,000	+35,557	+35,600	-0,043	+25,00	+0,215	-0,046	-0,003
14,000	-92,842	-6,000	+42,794	+42,720	+0,074	+36,00	-0,444	-0,055	-0,129
Σ	106,000	0,000	+0,005	0,000	-0,005	+182,00	+1,678	0,000	+0,005
$\frac{\Sigma}{n}$	8,000	K = -7,12		K = +1,678 / 182,00		K = 7,1108			

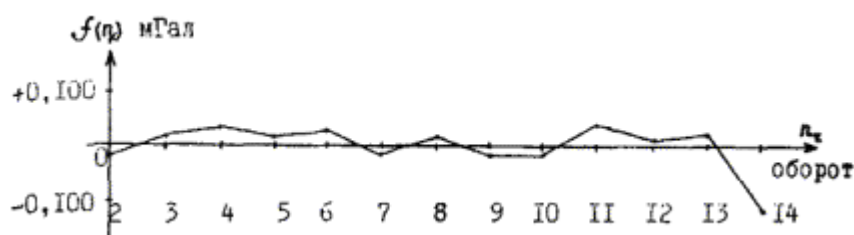


Рис 13. График шкаловых поправок отсчетной шкалы гравиметра ГНУ-К № 375

 $f_{(nr)}$ - значение шкаловых поправок в мГал, n_r - отсчет по шкале гравиметра в оборотах винта.

Таблица 34.6

СВОДКА ЗНАЧЕНИЙ ШКАЛОВЫХ ПОПРАВOK

Гравиметр ГНУ-К № 375

Температура + 15,0°

Установка УЭПП-1

Вычислил

Отсчеты в оборотах винта n	Шкаловые поправки f(n) (мГал)				M f(n) (мГал)
	Приемы				
	1	2	3	Среднее	
2,000	-0,029	-0,017	-0,011	-0,019	±0,006
3,000	+0,003	+0,020	+0,015	+0,012	0,006
4,000	+0,040	+0,030	+0,043	+0,037	0,004
5,000	+0,033	+0,017	0,000	+0,017	0,011
6,000	+0,023	+0,039	+0,015	+0,025	0,008
7,000	-0,040	+0,015	+0,005	-0,007	0,018
8,000	-0,002	+0,023	+0,002	+0,008	0,008
9,000	-0,014	-0,001	-0,017	-0,011	0,005
10,000	+0,012	-0,010	-0,021	-0,006	0,011
11,000	+0,081	+0,020	+0,037	+0,046	0,020
12,000	+0,020	-0,010	-0,002	+0,003	0,010
13,000	-0,003	+0,027	+0,039	+0,021	0,014
14,000	-0,129	-0,147	-0,105	-0,127	0,014
	+0,005	+0,006	0,000	-0,001	0,010

СВОДКА ЗНАЧЕНИЙ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ

Гравиметр ГНУ-К № 375
ПунктУстановка УЭПП-1
Вычислил

Номер приема		Дата	Температура	Цена деления (мГал/обор.)	Мк (мГал/обор.)	$\frac{M \times 10^4}{K}$
А	1	23.11.82	+15,0	-7,1108		
	2	23.11.82	+15,0	-7,1122		
	3	23.11.82	+15,0	-7,1094		
В		среднее	+15,0	-7,1109	$\pm 0,00009_2$	$\pm 1,3$
	1	25.11.82	+25,0	-7,1222		
	2	25.11.82	+25,0	-7,1232		
	3	25.11.82	+25,0	-7,1208		
С		среднее	+25,0	-7,1220	$0,0008_1$	1,1
	1	27.11.82	+35,0	-7,1350		
	2	27.11.82	+35,0	-7,1328		
	3	27.11.82	+35,0	-7,1330		
		среднее	+35,0	-7,1336	$0,0006_7$	0,9

В случае определения цены деления значительного числа гравиметров для обработки наблюдений удобно использовать программу машинной обработки результатов «Эталон» (Программы для обработки гравиметрических измерений. Программа «Эталон». Материалы мирового центра данных Б. Москва, 1984).

5. Определение зависимости цены деления микрометрического винта от температуры

Определение цены деления гравиметра методом наклона выполняют не менее чем при трех различных температурах. Температуру выбирают такой, чтобы по возможности перекрыть диапазон возможных температур в районе предстоящих работ. Например, рекомендуется проводить определение цены деления гравиметра при следующих температурах: $t_1 = 10 - 15 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t_3 = 35 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$. Наблюдения выполняют в термокамере. При каждом уровне температуры делают не менее 3-х приемов. Все отсчеты при данном температурном режиме берут на одних и тех же делениях микрометрического винта. Составляют сводку значений величин цены деления, определенных при различных температурах (табл. 34.8).

Таблица 34.8

СВОДКА ЗНАЧЕНИЙ ВЕЛИЧИНЫ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Гравиметр ГНУ-К № 375
Пункт ЛедовоУстановка УЭПП-1 № 17
Вычислитель: Рукавишников Р.Б.

Номер группы	Температура, $t \text{ }^\circ\text{C}$	Цена деления К мГал/обор.	$\Delta t \text{ }^\circ\text{C}$	ΔK мГал/обор.	$\Delta k / \square t$ на $1 \text{ }^\circ\text{C}$	$\frac{\Delta K}{\Delta t K} 10^4$
А	+15,0	-7,1109	+ 0,0	-0,0111	-0,0011 ₁	1,56
В	+25,0	-7,1220	+10,0	-0,0116	-0,0011 ₆	1,63
С	+35,0	-7,1336				
		среднее	+20,0	-0,0227	-0,0011 ₄	1,60

Приложение 35. Определение цены деления гравиметра ГНУ-К на узкодиапазонном гравиметрическом эталонном полигоне

1. Определение цены деления гравиметра ГНУ-К на узкодиапазонном гравиметрическом эталонном полигоне выполняют после окончания лабораторных исследований и проверок и после лабораторного определения цены деления методом наклона на УЭПП-1. Цель определения цены деления на полигоне - контроль работы гравиметра в полевых условиях и подтверждение результатов определения его цены деления методом наклона. Эту работу целесообразно совместить с проведением контрольного рейса. (Приложение 22).

2. Перед началом наблюдений на пунктах эталонного полигона:

- составляют программу наблюдений на пунктах полигона так, чтобы на каждом из участков отсчетной шкалы гравиметра (начало, середина, конец) выполнялось примерно одинаковое число наблюдений, причем предусматривают обязательное измерение прямой разности значений силы тяжести, большей чем 60 - 70 мГал;
 - приводят гравиметр в рабочее состояние не менее чем за 24 часа до начала наблюдений.

3. Определение цены деления гравиметра по пунктам эталонного полигона выполняют в течение 3 - 4-х дней.

4. Обработку наблюдений в рейсах выполняют следующим образом:

- вычисляют показания гравиметра в мГал по формуле

$$g^r = K n + f_{(n)},$$

где K , $f_{(n)}$ - значения, определенные из определения цены деления методом наклона;

- в вычисленные показания гравиметра вводят поправки за приливные изменения силы тяжести; в том числе поправку Хонкасало;

- вычисляют и вводят поправки за смещение нуля-пункта гравиметра;

- вычисляют измеренные разности значений ускорения силы тяжести между пунктами эталонного полигона;

- сравнивают измеренные значения разностей силы тяжести между пунктами эталонного полигона с их эталонными значениями. Расхождения отдельных измерений не должны превышать 0,10 мГал, а средних значений - 0,05 мГал.

В табл. 35.1 приведен пример измерений и вычислений на каждом пункте, в табл. 35.2 - пример вычисления разности значений силы тяжести.

5. Если расхождения отдельных измерений и средних значений превышают установленные допуски, то проводят повторные измерения на эталонном полигоне и определяют цену деления гравиметра методом наклона на УЭГП-1.

Таблица 35.1

ПРИМЕР НАБЛЮДЕНИЙ И ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ПУНКТЕ

Гравиметр ГНУ-К

Дата 13 августа 1982 г.

$g^r = K n + f_{(n)}$, $K = -7,1324$

Наблюдал: _____

Пункт базиса	Время наблюдений	Температура	Отсчет гравиметра n	K n (мГал)	f(n) (мГал)	δg_{QC}	g^r (мГал)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	8 30	+34,0°	2,752 2,756 <u>2,755</u> Ср. 2,754	-19,643	+0,040	+0,210	-19,393
3	9 05	+34,0	7,015 7,017 <u>7,018</u> Ср. 7,017	-50,048	0,102	+0,220	-49,726
1	9 45	+34,0	2,763 2,767 <u>2,768</u> Ср. 2,766	-19,729	+0,040	+0,230	-19,459
3	10 20	+34,0	7,034 7,029 <u>7,028</u> Ср. 7,030	-50,140	+0,102	+0,230	-49,808

Таблица 35.2

ПРИМЕР ВЫЧИСЛЕНИЯ РАЗНОСТИ УСКОРЕННОЙ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Гравиметр: ГНУ-К № 375

Дата 13.08.1982 г.

Вычислил: _____

Наблюдал: _____

Пункт	Время в часах	Отсчет в мГал. g^r	Интервал времени в часах	Поправка за смещение нуля-пункта (мГал)	g^r (мГал)	Dg (мГал)
1	8,50	-19,393	0,00	0,00	-19,393	-30,302
3	9,08	-49,726	0,58	+0,031	-49,695	
1	9,75	-19,459	1,25	+0,066		
3	9,08	-49,726	0,00	0,00	-49,726	

Пункт	Время в часах	Отсчет в мГал. g^r	Интервал времени в часах	Поправка за смещение нуля-пункта (мГал)	g^r (мГал)	Dg (мГал)
1	9,75	-19,459	0,67	+0,044	-19,415	-30,311
3	10,33	-49,808	1,25	+0,082		
				Среднее Эталонное значение		-30,306 -30,31

Приложение 36. Определение средней квадратической погрешности единичного измерения разности значений ускорения силы тяжести по лабораторным исследованиям

Наблюдения проводят на гравиметрическом пункте в условиях, аналогичных или близких к полевым. Проводят поверку установки уровней гравиметра.

Последовательно на одном пункте выполняют ряд измерений гравиметром. Интервалы времени между наблюдениями на пункте выбирают в соответствии с программой проектируемых работ (рекомендуется интервал 0,5 - 1,0 часа). В этих интервалах приборы устанавливают на автомашину и транспортируют в условиях, аналогичных полевым условиям. Общая продолжительность наблюдений должна быть не менее 4 часов. При каждом наблюдении на пункте берут не менее трех отсчетов по гравиметру: они должны различаться между собой не более чем на 0,005 оборота микрометрического винта.

Измерения проводят на различных участках отсчетной шкалы гравиметра. Так, например, наблюдают по 2 рейса при следующих отсчетах: 3 - 5, 7 - 8 и 12 - 14 отсчетной шкалы.

Определения выполняют в разные дни. Общая продолжительность этих наблюдений порядка 5 дней.

Для всех наблюдений вычисляют показание гравиметра в мГал по формуле

$$g^r = K n.$$

В показания гравиметра вводят поправки за приливные изменения силы тяжести, а затем - за смещение его нуля-пункта (так как наблюдения проводят на одном пункте, поправку за нелинейность отсчетной шкалы не вводят).

Поправку за смещение нуля-пункта гравиметра вводят пропорционально времени относительно начала измерения. Поправку можно вычислить аналитически или графически. На рис. 14 приведен графический способ определения поправки. В таблице 36.1 приведен пример обработки наблюдений для одного рейса.

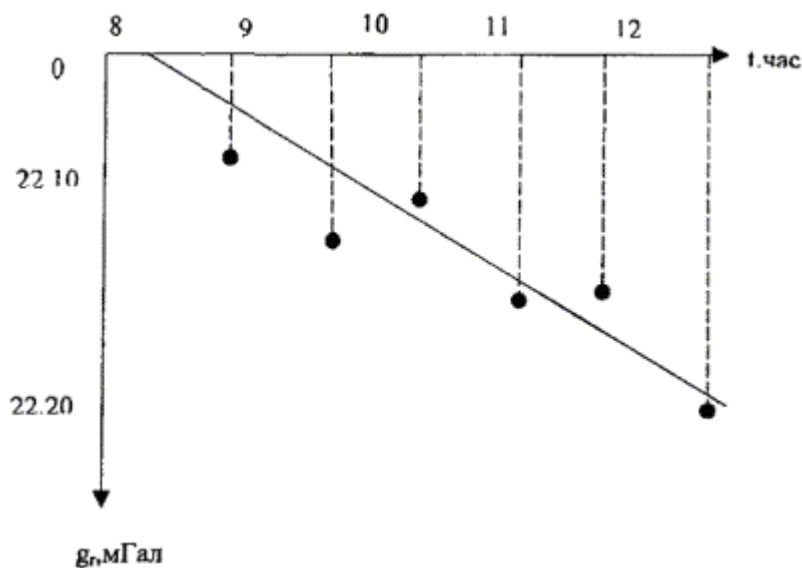


Рис. 14. График смещения нуля-пункта гравиметра ГНУ-К

ПРИМЕР ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ СРЕДНЕЙ КВАДРАТИЧЕСКОЙ
ПОГРЕШНОСТИ ЕДИНИЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ

Гравиметр ГНУ-К № 375
Наблюдал:

Дата 10.06.1977
Пункт № 5035

K = 7,240 мГал/оборот.

Номер наблюдения	Время наблюдения	Температура	Отсчет $m_{\text{ср}}$	$K_{\text{ср}}$	δg	g^{r}	$\delta g_{\text{сц}}$	g^{r}_i	v
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8.21	+19,7	3,128 125 <u>124</u> 3,126	-22,23	+0,18	-22,05	0,00	-22,05	-0,01
2	9.06	+19,7	3,128 133 <u>131</u> 3,131	-22,27	+0,19	-22,08	+0,03	-22,05	-0,01
3	9.50	+19,7	3,135 139 <u>140</u> 3,138	-22,32	+0,20	-22,12	+0,05	-22,07	+0,01
4	10.33	+19,8	3,137 133 <u>141</u> 3,139	-22,33	+0,22	-22,11	+0,08	-22,03	-0,03
5	11.15	+19,8	3,150 150 <u>146</u> 3,149	-22,39	+0,23	-22,16	+0,10	-22,08	+0,02
6	11.56	+19,8	3,147 149 <u>146</u> 3,147	-22,38	+0,23	-22,15	+0,13	-22,08	+0,02
7	12.37	+20,0	3,152 151 <u>156</u> 3,153	-22,43	+0,22	-22,21	+0,18	-22,03	-0,03
							Ср.	-22,06	

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} = \pm 0,022 \text{ мГал}$$

. Значение m не должно превышать $\pm 0,03$ мГал

Приложение 37.2. Журнал наблюдений с гравиметром ГДГ-2

Федеральная служба геодезии и картографии России

Год выполнения работ 2000
 Предприятие МАГП
 Экспедиция № 123
 Партия № 3

Журнал № 5
 Наблюдений с гравиметром ГАГ-2 № 31

Начат 1.05.2000 г.
 Окончен 5.11.2000 г.

Дата и место выполнения последних исследований _____
 «.....»1999 г.

Начальник партии Колесников М.А.
 Наблюдатели Зубков В.А.
 Щеглов С.Н.

Нашедшего журнал просят вернуть по адресу:

Дата 30.10.1975 г.

Наблюдал:
 Записал:

Пункт Тырнуауз
 название

№ 4
 № марки

t° = +6,0
 окр. среды

B = 669,5
 атм. давление

t° = +11,0
 темпер. барометра

12^h55^m
 время начала отсчит.

13^h01^m
 время конца отсчит.

12^h58^m
 среднее время отсчит.

β_1
 79°26'00,2"

β_2
 77°38'10,2"

$2\nu = \beta_1 - \beta_2$

25 59,9
 79 26 00,0

09,8
 77 38 10,0

1°47'50",0

139 47 40,7

137 59 50,2

1 47 50,5

40,3
 139 47 40,5

49,9
 137 59 50,0

20 09 18,0

18 21 26,5

1 47 51,2

18,0
 20 09 18,0

27,0
 18 21 26,8

g^H 120,564
 λ -0,010
 δg_{oc} +0,070
 g^r 120,624

среднее

$2\nu = 1°47'50,6''$
 $\nu = 0 53 55,3$

Условия наблюдений:

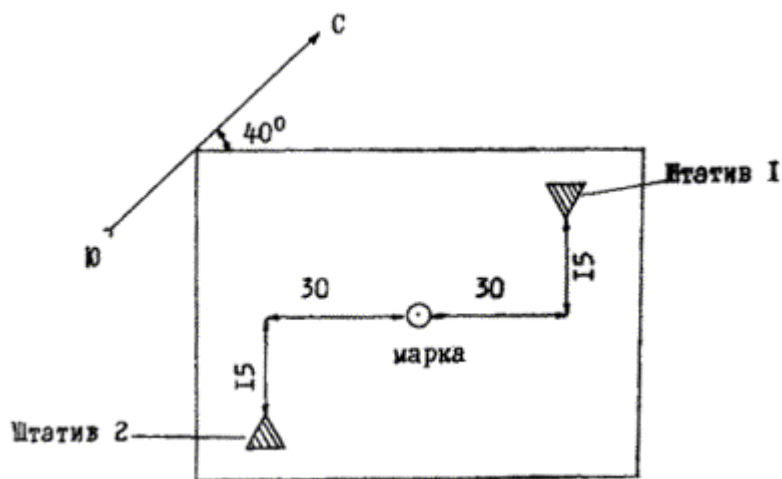
хорошие, ветер слабый, солнечно.
 Транспортные помехи не
 обнаруживаются.

Вычислил:
 Проверил:

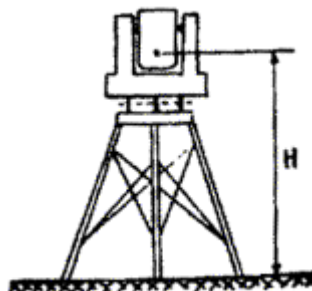
Схема установки гравиметров ГАГ-2 на пункте наблюдений

Составил:

Дата наблюдений:



Штатив 1 ГАГ-2 № 15 H = 57
 № 17 H = 55
 № 19 H = 58
 Штатив 2 ГАГ-2 № 45 H = 65
 № 65 H = 67
 № 71 H = 69



Размеры даны в см

Приложение 37.3. Журнал наблюдений с гравиметром ГНУ-К

Федеральная служба геодезии и картографии России

Год исполнения работ 2000
 Предприятие МАГП
 Экспедиция № 123
 Партия № 3
 Журнал № 12

Наблюдений с гравиметром ГНУ-К № 375

Начат 1.07.2000г.
 Окончен 5.11. 2000 г.

Дата и место выполнения последних исследований 5.02.1999 г.

Начальник партии Колесников М.А.
 Наблюдатели: Рукавишников Р.Б.
 Щеголкова Т.П.

Нашедшего журнал просят вернуть по адресу

Дата 5.08.1977 г. Наблюдал:

Записывал:

$t^{\circ} = +18^{\circ},7$ темпер. окр. среды 10^{h20^m}	Пункт <u>Москва 3</u> название номер марки $B = 743,75$ атм. давление 10^{h23^m}	<u>№ 7</u> $t^{\circ} = +18^{\circ},5$ темпер. барометр 10^{h22^m}	$t^{\circ} = +17^{\circ},2$ темпер. гравим.
---	--	---	--

Поправки за амплитуду $1 \cdot 10^{-8}$ с										
импульс	000	50	100	150	200	250	300	350	400	450
73000	146,0	145,8	145,6	145,4	145,2	145,0	144,9	144,7	144,5	144,3
3500	144,1	143,9	143,7	143,5	143,3	143,1	142,9	142,7	142,5	142,3
4000	142,1	141,9	141,7	141,5	141,3	141,1	141,0	140,8	140,6	140,4
4500	140,2	140,0	139,8	139,6	139,4	139,2	139,1	138,9	138,7	138,5
75000	138,3	138,1	137,9	137,8	137,6	137,4	137,2	137,0	136,9	136,7

Приложение 38.2. Журнал вычисления исправленных периодов колебаний маятников, полученных с маятниковым комплексом «Агат»

Поправки, 10^{-9} с						Исправл. период S, с			V 10^{-9} с	Вычисления
ΔS_a	ΔS_f	ΔS_B	ΔS_{oc}	ΔS_f		2-я зенит	3-я зенит	Средн.		
				2-я зенит	3-я зенит	318	2			
						0,4826				
-168,4	+80	-24	-20	+3680	+2365	63653	63650	63652	+4	
-166,9	+83	-22	-06	"	"	-	63654	63654	+6	
-168,2	+80	-24	-44	"	"	63654	63653	63654	+16	
-163,5	+75	-24	-25	"	"	63630	63631	63630	-18	
-168,2	+80	-24	-33	"	"	63640	63657	63632	-10	
						Ср.	0,4826	63642	$\pm 6,0$	
									$\pm 13,5$	
						0,4823				
-165,2	+95	-31	-36	+3655	+2341	64482	64487	64482	-5	
-169,1	+93	-28	-34	"	"	64482	64482	64482	-11	
-168,1	+92	-26	-15	"	"	64505	64504	64504	+11	
-169,7	+96	-24	-19	"	"	64512	64514	64513	+20	
-169,2	+96	-28	-25	"	"	64509	64508	64508	+15	
						Ср.	0,4823	64493	$\pm 6,7$	
									$\pm 14,9$	
-168,0	+82	-24	-19	+3680	+2560	63603	63601	63602	-26	
-167,2	+88	-29	-30	"	"	63640	63633	63638	+8	
-166,7	+89	-29	-38	"	"	63637	63638	63638	+10	
-168,3	+81	-24	-51	"	"	63635	63635	63634	+6	
-168,4	+82	-25	-20	"	"	-	63632	63632	+4	
-168,1	+86	-20	-23	"	"	63631	63625	63628	0	
						Ср.	0,4826	63628	$\pm 5,5$	
									$\pm 13,4$	

Приложение 38.3. Вычисление разности ускорения силы тяжести между пунктами по измерениям с маятниковым комплексом «Агат»

Вычисление разности значений силы тяжести между двумя пунктами

Название пунктов	Приборы	
	05	06
Борок S_{01}	$0^{\circ}, 482663648$
S_{02}	$0^{\circ}, 482663628$	
среднее S_0	$0^{\circ}, 482663638$	
Красный S	$0^{\circ}, 482364493$	
$DS = S - S_0$	$-299145 \cdot 10^{-9} \text{ с}$	
g_0	$981000,000 \text{ мГал}$
λ	$-0,0040649426 \text{ мГал/с}$	
μ	$+1,263310^{-11} \text{ мГал/с}^2$	
ε	$-3,5 \cdot 10^{-20} \text{ мГал/с}^3$	
$\lambda (S - S_0)$	$+1216,007 \text{ мГал}$	
$\mu (S - S_0)^2$	$+1,130 \text{ "-}$	
$\varepsilon (S - S_0)^3$	$+0,001 \text{ "-}$	
Dg	$+1217,138 \text{ мГал}$	

Дата _____

Вычислил _____

Проверил _____

Приложение 38.4. Сводка результатов измерений, полученных с комплексом «Агат»

Пункты	Dg по приборам, мГал			Среднее мГал	ср. кв. ош.	Уклонения от среднего		
	02	03	04			02	03	04
Борок - Красный	+1217,212	+1217,102	+1217,113	+1217,142	$\pm 0,021$	+0,070	-0,040	-0,029
Красный - Моховое	-850,483	-850,470	-850,487	-850,480	$\pm 0,040$	-0,003	+0,010	-0,007
Моховое - Борок	-366,542	-366,686	-366,584	-366,604	$\pm 0,043$	+0,062	-0,082	+0,020
Невязка	+0,187	-0,054	+0,042	+0,058				
Борок - Моховое	-366,542	-366,686	-366,584	-366,604	$\pm 0,043$	+0,062	-0,082	+0,020
Моховое - Зяблево	+936,188	+936,344	+936,271	+936,268	$\pm 0,025$	-0,080	+0,076	+0,003
Борок - Зяблево	-569,601	-569,701	-569,660	-569,654	$\pm 0,029$	+0,053	-0,047	-0,006
Невязка	+0,045	-0,043	+0,027	+0,010				
Борок - Зяблево	-569,601	-569,701	-569,660	-569,654	$\pm 0,029$	+0,053	-0,047	-0,006
Рыбное - Борок	+12,061	+12,047	+12,072	+12,060	$\pm 0,030$	+0,001	-0,013	+0,012
Солнечный - Рыбное	+798,282	+798,275	+798,283	+798,280	$\pm 0,040$	+0,002	-0,005	+0,003
Зяблево - Солнечный	-240,801	-240,720	-240,782	-240,768	$\pm 0,033$	-0,033	+0,048	-0,014
Невязка	-0,059	-0,099	-0,087	-0,082				

Составил _____

Проверил _____

Приложение 38.5. Схема полигонов

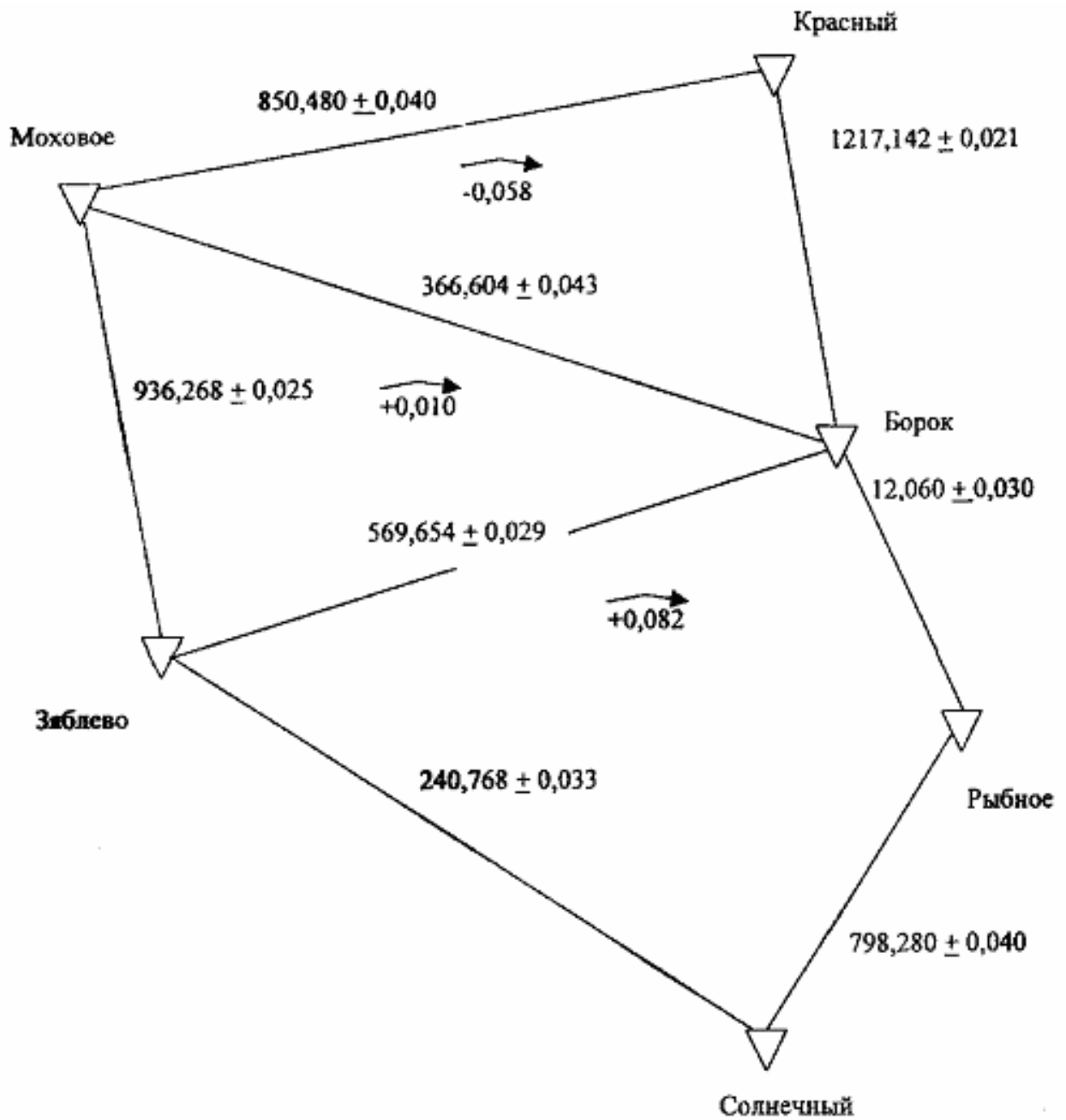


Схема гравиметрических полигонов

Приложение 38.6. Вычисление разности ускорения силы тяжести между пунктами А и В (гравиметр ГАГ-2 № 31)

Назв. п-та	Время наблюдений T_i , час	g^i (мГал)	$T_i - T_{A1}$ (час)	$\delta g_{см}$ (мГал)	g^r (мГал)	Δg (мГал)
A1	1,78	67,185	0,00	0,00	67,185	
B1	3,33	285,864	1,55	-0,117	285,747	+218,562
A2	5,23	67,445	3,45	-0,260		
B1	3,33	285,864	0,00	0,00	285,864	
A2	5,23	67,445	1,90	-0,144	67,301	+218,563
B2	7,00	286,142	3,67	-0,270		

$\Delta g_{ср.} = +218,562$

Приложение 38.7. Поправки Хонкасало

φ	δg хонк. (мГал)	φ	δg хонк. (мГал)
0°	+0,036	40°	-0,009
10°	+0,032	50°	-0,027
20°	+0,023	60°	-0,045
30°	+0,009	70°	-0,059
35°16'	0,000	80°	-0,068
		90°	-0,072

Поправка вычитается

Приложение 38.8. Значения критерия Смирнова

Значения Z_q , удовлетворяющие уравнению

$$P\left(\frac{|\Delta g_s - \Delta g_{сп}|}{S_m} > Z_q\right) = 2q, \quad \bar{S}_m = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta g_i - \Delta g_{сп})^2}, \quad r_s = \frac{|\Delta g_s - \Delta g_{сп}|}{S_m}$$

где распределения

№	0,2 %	0,5 %	1 %	2 %	5 %	10 %	20 %
3	1,414	1,414	1,414	1,414	1,414	1,412	1,406
4	1,731	1,730	1,728	1,723	1,710	1,689	1,645
5	1,990	1,982	1,972	1,955	1,917	1,869	1,791
6	2,203	2,183	2,161	2,130	1,967	1,996	1,894
7	2,377	2,344	2,310	2,265	2,182	2,093	1,974
8	2,521	2,476	2,431	2,374	2,273	2,172	2,041
9	2,643	2,586	2,532	2,464	2,349	2,238	2,097
10	2,747	2,680	2,616	2,540	2,414	2,294	2,146
11	2,837	2,760	2,689	2,606	2,470	2,343	2,190
12	2,915	2,830	2,753	2,663	2,519	2,387	2,220
13	2,984	2,892	2,809	2,713	2,563	2,426	2,264
14	3,046	2,947	2,859	2,759	2,602	2,461	2,297
15	3,102	2,997	2,905	2,800	2,638	2,494	2,327
16	3,152	3,042	2,946	2,837	2,670	2,523	2,354
17	3,198	3,083	2,983	2,871	2,701	2,551	2,380
18	3,240	3,120	3,017	2,903	2,728	2,577	2,404
19	3,278	3,155	3,049	2,932	2,754	2,601	2,426
20	3,314	3,187	3,079	2,959	2,779	2,623	2,447
21	3,347	3,217	3,106	2,984	2,801	2,644	2,467
22	3,378	3,245	3,132	3,008	2,823	2,664	2,486
23	3,407	3,271	3,156	3,030	2,843	2,683	2,504
24	3,434	3,295	3,179	3,051	2,862	2,701	2,521
25	3,458	3,318	3,200	3,071	2,880	2,718	2,537
26	3,483	3,340	3,220	3,089	2,897	2,734	2,553
27	3,506	3,360	3,239	3,107	2,913	2,749	2,568
28	3,528	3,380	3,258	3,124	2,929	2,764	2,582
29	3,548	3,399	3,275	3,140	2,944	2,778	2,596
30	3,567	3,416	3,291	3,156	2,958	2,792	2,609
31	3,586	3,433	3,307	3,171	2,972	2,805	2,622
32	3,603	3,449	3,322	3,185	2,985	2,818	2,634
33	3,620	3,465	3,337	3,199	2,998	2,830	2,646
34	3,636	3,480	3,351	3,212	3,010	2,842	2,657
35	3,652	3,494	3,364	3,224	3,022	2,853	2,668
36	3,667	3,507	3,377	3,236	3,033	2,864	2,679
37	3,681	3,521	3,389	3,248	3,044	2,874	2,689
38	2,695	3,533	3,401	3,259	3,055	2,885	2,699
39	3,708	3,545	3,413	3,270	3,065	2,894	2,709
40	3,720	3,557	3,424	3,281	3,075	2,904	2,718

Приложение 38.9. Значения 5 %-ных верхних пределов F-критерия

K ₂	K ₁	K ₁ - степени свободы для большей дисперсии													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	16	20	40	50
K ₁ - степени свободы для меньшей дисперсии	3	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,88	8,84	8,81	8,78	8,74	8,69	8,66	8,60	8,58
	4	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,91	5,84	5,80	5,71	5,70
	5	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,78	4,74	4,68	4,60	4,56	4,46	4,44
	6	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,00	3,92	3,87	3,77	3,75
	7	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,63	3,57	3,49	3,44	3,34	3,32
	8	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,36	3,28	3,20	3,15	3,05	3,03
	9	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,13	3,10	2,98	2,93	2,82	2,80
	10	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,97	2,91	2,82	2,77	2,67	2,64
	11	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,86	2,79	2,70	2,65	2,53	2,50
	12	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,92	2,85	2,80	2,76	2,79	2,60	2,54	2,42	4040
	13	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,84	2,77	2,72	2,67	2,60	2,51	2,46	2,34	2,32
	14	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,77	2,70	2,65	2,60	2,53	2,44	2,39	2,27	2,24
	15	3,68	3,29	3,06	2,90	2,78	2,70	2,64	2,59	2,55	2,48	2,39	2,33	2,21	2,18
	16	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,42	2,33	2,28	2,16	2,13
	17	3,59	3,20	2,95	2,81	2,70	2,62	2,55	2,50	2,45	2,38	2,29	2,23	2,11	2,08
	18	3,55	3,16	2,95	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,34	2,25	2,19	2,07	2,04
	19	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,55	2,48	2,43	2,38	2,31	2,21	2,15	2,02	2,00
	20	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,52	2,45	2,40	2,35	2,28	2,18	2,12	1,99	1,96
	21	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,25	2,15	2,09	1,96	1,93
	22	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,47	2,40	2,35	2,30	2,23	2,13	2,07	1,93	1,91
	23	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,45	2,38	2,32	2,28	2,20	2,10	2,04	1,91	1,88
	24	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,43	2,36	2,30	2,26	2,18	2,09	2,02	1,89	1,86
	25	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,28	2,24	2,16	2,06	2,00	1,87	1,64
	30	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,16	2,09	1,99	1,93	1,79	1,76
	40	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,07	2,00	1,90	1,84	1,69	1,66
50	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,02	1,95	1,85	1,78	1,63	1,60	

Приложение 38.10. Оценка точности уравниваемых значений силы тяжести на пунктах I класса с учетом погрешностей исходных пунктов

При уравнивании результатов измерений на пунктах I класса значения силы тяжести на исходных пунктах принимают твердыми. Оценивая точность уравниваемых значений силы тяжести, необходимо учесть погрешности исходных пунктов.

Для этой цели используют:

обратную матрицу Q₁₁ системы нормальных уравнений, полученную при совместном уравнивании сети основных пунктов I класса и ГФГС (представляет ЦНИИГАиК);

- обратную матрицу Q₂ системы нормальных уравнений, полученную при уравнивании результатов измерений на пунктах I класса путем «вставки»;

- корреляционную матрицу Q₂₂ = Q₂ + Q₂₀₂, позволяющую оценить точность пунктов I класса с учетом погрешностей исходных пунктов; первое слагаемое Q₂ характеризует точность пунктов I класса относительно исходных пунктов, а второе Q₂₀₂ учитывает погрешности исходных пунктов;

- матрицу Q₂₁, необходимую для вычисления ср. кв. погрешностей уравниваемых значений разностей силы тяжести Dg, между пунктами I класса и жесткими пунктами;

- ошибку единицы веса μ₁, полученную при совместном уравнивании сети основных пунктов I класса и ГФГС (μ₁ = ±0,03 мГал);

- ошибку единицы веса μ₂, полученную при уравнивании результатов измерений на пунктах I класса методом «вставки».

Для получения матрицы Q₂₀₂ используют матрицу (A'₂P₂A₂₁), представляющую собой ту часть системы нормальных уравнений, которая была опущена при уравнивании измерений на пунктах I класса из-за того, что исходные пункты приняты твердыми,

$$Q_{202} = Q_2 (A'_2 P_2 A_{21}) Q_{11} (A'_{21} P_2 A_2) Q_2.$$

Матрицу Q₂₁ получают в ходе вычисления матрицы Q₂₀₂

$$Q_{21} = Q_2 (A'_2 P_2 A_{21}) Q_{11}.$$

Чтобы оценить точность пункта А необходимо выбрать элементы строки А и столбца А из матриц Q₂ и Q₂₀₂.

Их обозначают соответственно \tilde{q}_{AA} и q .

Ср. кв. погрешность уравненного значения силы тяжести для пункта А определяют по формуле

$$m_{gA} = \sqrt{\mu_2^2 \tilde{q}_{AA} + \mu_1^2 \bar{q}_{AA}}$$

Ср. кв. погрешности уравненных $\square g$ вычисляют по формулам:

для $\square g$ между пунктами 1 класса А и В

$$m_{gAB} = \sqrt{\mu_2^2 \tilde{\tilde{q}}_{AA} + \mu_1^2 \bar{\bar{q}}_{AA}}$$

для Dg между пунктами 1 класса А и твердым пунктом О

$$m_{gAO} = \sqrt{\mu_2^2 \tilde{q}_{AA} + \mu_1^2 (q_{OO} + \bar{q}_{AA} - 2q_{AO}^*)}$$

В этих формулах:

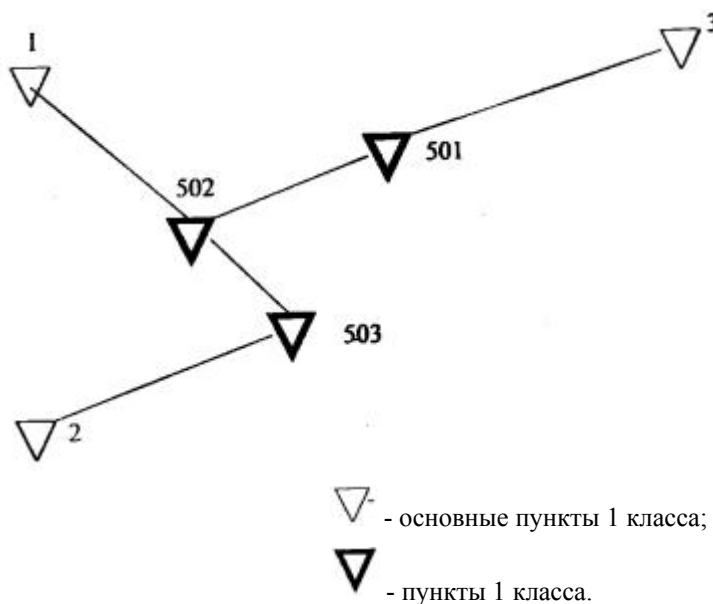
$\tilde{\tilde{q}}_{AB} = \tilde{q}_{AA} + \tilde{q}_{BB} - 2\tilde{q}_{AB}$, $\bar{\bar{q}}_{AB} = \bar{q}_{AA} + \bar{q}_{BB} - 2\bar{q}_{AB}$, \tilde{q}_{AA} , \tilde{q}_{BB} - элементы матрицы Q₂,

\bar{q}_{BB} , \bar{q}_{AB} - элементы матрицы Q₂₀₂,

q_{OO} - элемент матрицы Q₁₁,

q_{AO}^{*} - элемент матрицы Q₂₁.

Пример вычисления величин m_g, m_{Dg} для фрагмента сети 1 класса



Имеем матрицы:

Q₁₁ =

	1	2	3
1	0,538	0,129	0,026
2	0,129	0,298	0,026

Q₂ =

	1	2	3
501	0,538	0,129	0,026
502	0,129	0,298	0,026
503	0,026	0,026	0,027

Матрице Q₁₁ соответствует ср. кв. погрешности m_g исходных пунктов 1, 2, 3:

$$m_{g1} = \mu_1 \sqrt{q_{11}} = 0,03 \sqrt{0,538} = 0,022 \text{ мГал},$$

$$m_{g2} = \mu_1 \sqrt{q_{22}} = 0,03 \sqrt{0,298} = 0,016 \text{ мГал},$$

$$m_{g3} = \mu_1 \sqrt{q_{33}} = 0,03 \sqrt{0,027} = 0,005 \text{ мГал}.$$

$$(A'_2 P_2 A_2) =$$

	1	2	3
501	-	-	1
502	1	-	-
503	-	1	-

$$(A'_{21} P_2 A_2) =$$

	501	502	503
1	-	1	-
2	-	-	1
3	1	-	-

Веса гравиметрических связей приняты равными 1.

Вычисляем матрицу Q_{202} , перемножением матриц слева направо по правилу «строка на столбец»

$$Q_2(A'_2 P_2 A_2) =$$

	1	2	3
501	0,250	0,125	0,625
502	0,500	0,250	0,250
503	0,250	0,625	0,125

$$Q_2(A'_2 P_2 A_2) Q_{11} =$$

	1	2	3
501	0,250	0,125	0,625
502	0,500	0,250	0,250
503	0,250	0,625	0,125

$$Q_2(A'_2 P_2 A_2) Q_{11} (A'_{21} P_2 A_2) =$$

	501	502	503
501	0,027	0,167	0,086
502	0,014	0,307	0,146
503	0,026	0,218	0,221

$$Q_2(A'_2 P_2 A_2) Q_{11} (A'_{21} P_2 A_2) Q_2 =$$

	501	502	503
501	0,069	0,112	0,099
502	0,112	0,194	0,170
503	0,099	0,170	0,196

Выбрав из матриц необходимые элементы, вычисляют ср. кв. погрешности m_g и m_{Ag} (в данном примере приняты $\mu_1 = 0,03$ мГал и $\mu_2 = 0,04$ мГал)

$$m_{g501} = \sqrt{0,04^2 \cdot 0,625 + 0,03^2 \cdot 0,069} = 0,033 \text{ мГал},$$

$$m_{g502} = \sqrt{0,04^2 \cdot 0,500 + 0,03^2 \cdot 0,194} = 0,031 \text{ мГал},$$

$$m_{g503} = \sqrt{0,04^2 \cdot 0,625 + 0,03^2 \cdot 0,196} = 0,034 \text{ мГал},$$

$$m_{g501-502} = \sqrt{0,04^2 \cdot (0,625 + 0,500 - 2 \cdot 0,250) + 0,03^2 \cdot (0,069 + 0,194 - 2 \cdot 0,112)} = 0,032 \text{ мГал},$$

$$m_{g502-503} = \sqrt{0,04^2 \cdot (0,500 + 0,625 - 2 \cdot 0,250) + 0,03^2 \cdot (0,194 + 0,069 - 2 \cdot 0,170)} = 0,032 \text{ мГал},$$

$$m_{g501-3} = \sqrt{0,04^2 \cdot 0,625 + 0,03^2 \cdot (0,0279 + 0,069 - 2 \cdot 0,027)} = 0,032 \text{ мГал},$$

$$m_{g502-1} = \sqrt{0,04^2 \cdot 0,500 + 0,03^2 \cdot (0,538 + 0,194 - 2 \cdot 0,037)} = 0,030 \text{ мГал}$$

$$m_{g503-2} = \sqrt{0,04^2 \cdot 0,625 + 0,03^2 \cdot (0,298 + 0,196 - 2 \cdot 0,221)} = 0,032 \text{ мГал}$$

Уравнивание и оценка точности по описанной методике могут быть выполнены на ЭВМ.

Приложение 38.11. Обработка результатов сравнений частот кварцевых генераторов

Относительную погрешность частоты ω_f генератора определяют из сравнений частоты генератора f с эталонной частотой f_0

$$\omega_f = (f_0 - f) / f_0.$$

Сравнения частот генераторов между собой, выполняемые в ходе полевых работ в соответствии с программой наблюдений на пункте, позволяют оценить насколько линейны изменения их частоты в промежутках между сравнениями с эталонной частотой.

Степень линейности изменения разности частот пары генераторов характеризуется ср. кв. отклонениями m_{ω} результатов отдельных сравнений от осредняющей прямой, построенной по результатам всех сравнений данной пары, выполненных в промежутках между сравнениями с эталонной частотой. Осредняющую прямую проводят графически или получают ее уравнение по способу наименьших квадратов.

Генераторы, для которых величина m_{ω} не превышает $1,5 \cdot 10^{-8}$, считают «линейными». Для них значения относительной погрешности по частоте на моменты наблюдений на пунктах вычисляют линейной интерполяцией по времени. При выводе окончательных значений ω_f на пункте для «линейных» генераторов учитывают результаты их сравнения на этом пункте между собой.

Для генераторов, образующих пары, у которых m_{ω} больше допустимой величины, относительные погрешности по частоте вычисляют по результатам их сравнения на соответствующем пункте с «линейными» генераторами.

Приложение 38.12. Определение сокачания штатива маятниковых приборов комплекса «Агат»

Для определения сокачания штатива маятникового прибора выполняют следующие операции:

- после окончания измерения одного из периодов колебаний маятника по программе наблюдений на пункте останавливают один маятник;

- в положении, когда кисточка касается маятника, измеряют период одиночного маятника из 160 колебаний (~ 80 с). С этой целью после загорания лампы «128» в канале «Счет колебаний маятника» следует перевести тумблер «Грубо-Точно» в положение «Грубо». После записи показаний пересчетного устройства измерение следует повторить. Полученное таким образом значение периода колебаний одиночного маятника искажено влиянием сокачания штатива;

Примечание. Соприкосновение кисточки с маятником определяют по резкому изменению величины несимметрии, вызванному отклонением остановленного маятника от положения равновесия. Измерение периода можно выполнять, если величина несимметрии не превышает 30 тыс. импульсов. В противном случае следует кратковременным нажатием кнопки «Пуск мотора» добиться уменьшения отклонения маятника, а следовательно, и уменьшения несимметрии.

- нажатием кнопки «Пуск мотора» отводят кисточку от маятника и измеряют период одиночного маятника, свободный от влияния сокачания из 160 колебаний;

- по результатам выполненных измерений вычисляют величину сокачания маятникового штатива.

Первоначально величину сокачания определяют при установке приборов на бетонном монолите (например, при выполнении измерений на исходном пункте). При этом на каждом приборе сокачание определяют не менее чем при двух пусках маятников. Для маятниковых приборов «Агат» величина сокачания в этом случае близка к $+ 100 \cdot 10^{-7}$ с.

Приложение 38.14. Образец записи результатов измерений с ГБЛ

Организация	ЦНИИГАиК
Прибор	ГБЛ-П
Пункт	Ледово 5035
Дата	6 - 7.06.2003 г.
Высота пункта	150 м
Число уровней	450
Число полос	3200
Длина волны лазера	0,632991015 мкм
Эффективная высота	0,850 м
Высота гравиметра	1,070м
Вертикальный. Градиент	309 мкГал/м
Барометрический коэффициент	0,4 мкГал/мм рт столба
Атмосферное давление	745,0 мм рт. Столба
Поправка за эффект Доплера	-18,9
Поправка за движение полюса	+ 4,8

№№ серий	g изм., мкГал		Поправки, мкГал			g исправл. мкГал	Средн. момент времени по Гринвичу	Число бросков в серии
	g'	m	За прит. атмосф.	За вакуум	За прил. влияния			
1	039,9	+11,0	-2,1	+11,9	+18,5	360,9	17,43	60
2	040,5	19,5	-2,1	+11,2	0	342,3	18,29	60
3	061,7	8,0	-2,1	+10,2	-17,1	347,0	19,15	60
4	070,7	8,2	-2,1	+10,2	-31,0	341,4	19,58	60
5	106,1	17,2	-2,5	+9,9	-42,5	360,7	20,45	60
6	107,6	6,4	-2,5	+8,2	-49,7	357,3	21,29	60
7	082,0	3,2	-2,9	+6,8	47,4	331,3	0,17	60
8	071,7	10,5	-2,7	+6,8	43,1	326,3	0,52	60
9	076,2	5,7	-2,9	+5,4	-32,2	339,5	2,10	60
10	075,8	10,8	-2,9	+5,4	-30,4	341,4	2,24	60

Ср. значение g на поверхности постаментов и его ошибка 344,8 + 3,7

Ср. весовое значение g на пов. постаментов и его ошибка 339,2 + -3,4

Приложение 38.15. Характеристики пиков излучения йодного лазера

Пики	f МГц	λ
j	473612193,235	0,6329914269
i	473612214,8	0,6329913981
h	473612236,739	0,6329913688
g	473612340,494	0,6329912301
f	473612353,692	0,6329912125
e	473612367,055	0,6329911946
d	473612379,916	0,6329911774
c	473612497,806	0,6329910199
b	473612505,900	0,6329910090
a	473612514,731	0,6329909972

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая часть
2. Основные технические требования к ГФГС и ГГС-1
 - 2.1. Государственная фундаментальная гравиметрическая сеть
 - 2.2. Государственная гравиметрическая сеть 1 класса
3. Составление технических проектов на развитие высокоточной гравиметрической сети
4. Рекогносцировка и обследование пунктов
5. Закрепление гравиметрических пунктов
 - 5.1. Центры гравиметрических пунктов. 13
 - 5.2. Контрольные реперы
 - 5.3. Внешнее оформление пунктов ГГС-1. 15

- 5.4. Антикоррозийная защита
- 5.5. Обеспечение сохранности знаков. 16
- 5.6. Документация результатов закладки гравиметрических пунктов
6. Применяемая аппаратура и правила обращения с ней
7. Исследование аппаратуры
 - 7.1. Общие замечания
 - 7.2. Исследование баллистического гравиметра ГБЛ
 - 7.2.1. Краткие сведения о баллистическом гравиметре ГБЛ
 - 7.2.2. Методика поверки ГБЛ
 - 7.3. Методика поверки маятникового комплекса «Агат»
 - 7.4. Методика поверки гравиметра ГАГ-2. 22
 - 7.5. Методика поверки гравиметров типа ГНУ-К
 - 7.6. Исследования барометров-анероидов. 24
8. Общие указания по выполнению измерений на пунктах
9. Выполнение измерений с баллистическим гравиметром ГБЛ
 - 9.1. Установка аппаратуры и подготовка ее к измерениям
 - 9.2. Порядок работы при измерении ускорения силы тяжести
10. Выполнение маятниковых измерений. 33
 - 10.1. Подготовительные работы к наблюдениям на пункте
 - 10.2. Выполнение измерений
11. Выполнение измерений с гравиметрами ГАГ-2
 - 11.1. Подготовка к работам и общие указания
 - 11.2. Выполнение измерений
12. Выполнение измерений с гравиметрами типа ГНУ-К
 - 12.1. Подготовка к работам и выполнение измерений. 40
13. Журнал наблюдений. Перечень полевых материалов, подлежащих сдаче
14. Обработка результатов гравиметрических определений и оценка их точности
 - 14.1. Общие указания
 - 14.2. Основные формулы для обработки результатов измерений с баллистическим гравиметром ГБЛ
 - 14.3. Основные формулы для обработки результатов маятниковых измерений
 - 14.4. Основные формулы для обработки результатов гравиметровых измерений
15. Редукция результатов измерений к центрам марок на пунктах 1 класса
16. Определение градиентов ускорения силы тяжести с помощью статических гравиметров
17. Основные вопросы, освещаемые в технических отчетах
- Приложение 1. Построение высокоточной государственной гравиметрической сети
 - Приложение 1.1. Фрагмент схемы построения сети основных гравиметрических пунктов 1 класса
 - Приложение 1.2. Построение маятниковых связей
 - Приложение 1.3. Построение гравиметровых рейсов
- Приложение 2. Типовые схемы определения гравиметрических пунктов 1 класса
- Приложение 3. Условные обозначения, применяемые при оформлении гравиметрических материалов
- Приложение 4. Типы гравиметрических центров. 59
 - Приложение 4.1. Центр гравиметрического пункта вне помещения. 59
 - Приложение 4.2. Центр гравиметрического пункта в помещении. 59
 - Приложение 4.3. марка, закладываемая в центр гравиметрического пункта
 - Приложение 4.4. Центр гравиметрического пункта, устанавливаемый на скальных грунтах
 - Приложение 4.5. Центр гравиметрического пункта в районе многолетней мерзлоты
 - Приложение 4.5а. Центр гравиметрического пункта в районе многолетней мерзлоты
 - Приложение 4.6. Центр гравиметрического пункта, устанавливаемый в помещении в районе многолетней мерзлоты
 - Приложение 4.7. Внешнее оформление гравиметрического пункта в районе многолетней мерзлоты (лесные районы)
- Приложение 5. Охранная плита гравиметрического пункта
- Приложение 6. Переносная плита для установки маятниковой аппаратуры
- Приложение 7. Схема промерзания и протаивания грунтов для определения глубины закладки центров и реперов
- Приложение 8. Паспорт гравиметрического пункта и пунктов-спутников
- Приложение 9. Схема соединений ГБЛ-П.. 71
- Приложение 10. Юстировка осветителя и проверки импульсов с ФЭУ.. 72
- Приложение 11. Проверка работы фотоэлектронного регистратора

- Приложение 12. Проверка параллельности осей цилиндрических уровней плоскости вспомогательной агатовой площадки
- Приложение 13. Определение коэффициента термостатирования маятникового прибора
- Приложение 14. Определение скорости изменения давления остаточного газа внутри маятникового прибора
- Приложение 15. Определение температурных коэффициентов среднего маятника прибора
- Приложение 16. Определение барометрического коэффициента маятников. 77
- Приложение 17. Проверка постоянства пусковых амплитуд маятников. 78
- Приложение 18. Определение разности периодов колебаний маятников в паре
- Приложение 19. Определение влияния температурного последствия на маятники
- Приложение 20. Исследование стабильности частоты кварцевых генераторов
- Приложение 21. Проверка работы аппаратуры при питании ее от аккумуляторов
- Приложение 22. Выполнение контрольного рейса
- Приложение 23. Осмотр и предварительные проверки гравиметра ГАГ-2. 80
- Приложение 24. Исследование оптического микрометра
- Приложение 25. Геометрические проверки и юстировки гравиметра ГАГ-2
- Приложение 26. Исследование термостатов гравиметра ГАГ-2
- Приложение 27. Определение барометрических коэффициентов гравиметров ГАГ-2 и ГНУ-К
- Приложение 28. Определение диапазона возможных измерений гравиметром
- Приложение 29. Установка диапазона измерений для гравиметра ГАГ-2
- Приложение 30. Осмотр и проверки гравиметра ГНУ-К
- Приложение 31. Определение чувствительности упругой системы гравиметра ГНУ-К
- Приложение 32. Определение времени становления отсчета для гравиметра ГНУ-К
- Приложение 33. Определение смещения нуля-пункта гравиметра. 96
- Приложение 34. Определение цены деления гравиметра ГНУ-К методом наклона на установке УЭГП
- Приложение 35. Определение цены деления гравиметра ГНУ-К на узкодиапазонном гравиметрическом эталонном полигоне
- Приложение 36. Определение средней квадратической погрешности единичного измерения разности значений ускорения силы тяжести по лабораторным исследованиям
- Приложение 37. Формы журналов наблюдений
- Приложение 37.1. Журнал наблюдений с маятниковым прибором «Агат». 109
- Приложение 37.2. Журнал наблюдений с гравиметром ГДГ-2. 111
- Приложение 37.3. Журнал наблюдений с гравиметром ГНУ-К. 113
- Приложение 38. Обработка результатов измерений (образцы, примеры)
- Приложение 38.1. Поправки за амплитуду
- Приложение 38.2. Журнал вычисления исправленных периодов колебаний маятников, полученных с маятниковым комплексом «Агат». 115
- Приложение 38.3. Вычисление разности ускорения силы тяжести между пунктами по измерениям с маятниковым комплексом «Агат»
- Приложение 38.4. Сводка результатов измерений, полученных с комплексом «Агат»
- Приложение 38.5. Схема полигонов
- Приложение 38.6. Вычисление разности ускорения силы тяжести между пунктами А и В (гравиметр ГАГ-2)
- Приложение 38.7. Поправки Хонкасало
- Приложение 38.8. Значения критерия Смирнова
- Приложение 38.9. Значения 5 %-ных верхних пределов F-критерия
- Приложение 38.10. Оценка точности уравненных значений силы тяжести на пунктах 1 класса с учетом погрешностей исходных пунктов
- Приложение 38.11. Обработка результатов сравнений частоты кварцевых генераторов
- Приложение 38.12. Определение сокачания штатива маятниковых приборов комплекса «Агат»
- Приложение 38.13. Определение сокачания маятникового штатива (образец записи и вычислений)
- Приложение 38.14. Образец записи результатов измерений с ГБЛ. 124
- Приложение 38.15. Характеристики пиков излучения йодного лазера