

2. УСТРОЙСТВО ГРАВИМЕТРА

Гравиметр – прибор для измерения силы тяжести. Работа гравиметра основана на статическом методе, в котором наблюдают положение равновесия тела, находящегося под действием силы тяжести и силы, принятой за эталонную.

За эталонную силу принимают упругую силу деформации пружин и нитей.

Устройство, с помощью которого компенсируется действие силы тяжести на тело постоянной массы и ее изменение преобразуется в перемещение тела, называется **чувствительным элементом**.

Большинство современных гравиметров являются механическими. Чувствительный элемент такого гравиметра называется упругой системой, которая является главным узлом любого гравиметра.

Существует много типов гравиметров. Первый отечественный кварцевый астазирванный гравиметр ГАК-3М был создан в 1953 г. во ВНИИ Геофизики группой специалистов, возглавляемой К.Е. Веселовым. В дальнейшем на его основе были разработаны гравиметры ГАК-ПТ, ГАК-7Т, ГАК-7Ш и др. Наиболее широкое применение на практике нашел гравиметр ГАК-7Т. Погрешность измерения силы тяжести этим гравиметром в зависимости от применяемой методики наблюдения составляет 0,03–0,06 мГал.

Основные характеристики гравиметров приведены в стандарте ГОСТ 13017–83 «Гравиметры наземные. Общие технические условия» и в стандарте СЭВ 5578–86 «Общие технические требования и методы испытаний» [9], а также в табл. 2.1.

Таблица 2.1. Технические характеристики гравиметров

Модель, страна-изготовитель	Год выпуска	Порог чувствительности, мГал	Точность измерения, мГал	Диапазон безперестройки, мГал	Измерения сперестройкой, мКал	Увеличение окуляра	Высота, мм	Наружный диаметр, мм	Масса, кг	Примечания
ГAK-3М, СССР ГAK-4М, СССР	1953 1958	0,05 0,03–0,05	0,05–0,4 0,05–0,2	100–150 80–120	3 000 3 000	200 200	488 465	188 175	8,5 7,5	ГAK – гравиметр астазир- ованный кварцевый. Первый отечественный астазированный кварцевый гравиметр
ГAK-ПТ, СССР	1960	0,03–0,05	0,05–0,2	100–150	5 000	250	480	180	7,5	ГAK-ПТ – гравиметр астазированный кварцевый, повышенной точности
КВГ-1М, СССР	1961	0,01	0,02–0,08	70–100	3 000	800	390	133	4,2	КВГ – кварцевый высокоточный гравиметр.
ГAK-7Т, СССР ГAK-7Н, СССР ГAK-7Ш, СССР	1963 1963 1963	0,02 0,03–0,05 0,01–0,05	0,03–0,06 0,04–0,05 0,03–0,06	80–120 80–120 80–100 1 000	5 000 3 000	200 200 200	425–470 425 425	210 210 210	5,0 5,0 5,0	С 1967 по 1973 г. в соответствии с ГОСТ 13017–67 выпускался под названием ГР-К2; с 1973 г. в соответствии с ГОСТ 13017–73 носит название ГНУ-К2, отличается от ГAK-7Т менее совершенной температурной компенсацией.
ГАГ-2, СССР «Дельта», СССР	1966 1971	0,005 0,01	0,1–0,15 0,06	5 000 80	– 5 000	15 600	450 550	350 × 250 250	25 5,0	С 1973 г. в соответствии с ГОСТ 13017–73 называется ГНУ-К1
ГР-К-1, СССР «Уорден», США «Шарп», Канада	1972 1948	0,01 0,01 0,01	0,03 0,02–0,08 0,02–0,08	80 80–100	5 000	400 600	425–470 290 400	210 120 140	5,0 2,3 4,5	

Все типы гравиметров различаются конструктивными особенностями устройства упругих систем, что влияет на их точностные характеристики. Механическая часть у всех гравиметров остается практически неизменной, что упрощает процесс изготовления и наладки чувствительных систем.

В данном разделе рассматривается устройство и работа гравиметра наземного узкодиапазонного кварцевого второго класса точности ГНУ-КВ [11, 27, 28, 36].

Этот гравиметр применяется для детальных разведочных работ. Погрешность измерения им силы тяжести в рейсах продолжительностью не более 4 часов составляет $\pm 0,03$ мГал, порог чувствительности $\pm 0,006$ мГал. Вес прибора 4,5 кг.

На рис. 2.1 представлен гравиметр. На внутренней поверхности, на дне и под крышкой футляра укреплены поролоновые амортизаторы, обшитые тканью.



Рис. 2.1. Гравиметр: а) внутренняя часть прибора; б) общий вид прибора; в) транспортировочный футляр цилиндрической формы, изготовленный из жести

Средняя часть гравиметра (рис. 2.2) помещена во внешний кожух 1, который представляет собой полый цилиндр из листовой нержавеющей стали диаметром 132 мм с зеркальной внешней поверхностью.



Рис. 2.2. Составные части гравиметра

Внутри кожуха помещен цилиндр из пенопласта 2, в который вставляется сосуд Дьюара 3, а в него плотно входит средняя часть гравиметра 5. Уплотнение достигается с помощью шерстяного чехла 4, одеваемого на среднюю часть. Шерстяной чехол выполняет также роль теплоизолятора и предотвращает соприкосновение металла средней части гравиметра со стеклянными стенками сосуда Дьюара, предохраняя, тем самым, последний от разбиения.

Нижний торец цилиндра внешнего кожуха соединен с массивным основанием из текстолита, на котором по окружности, через 120° , укреплены три установочных винта. На нижней части подъемных винтов укреплены шарнирные круглые подпятники, которые увеличивают площадь опоры гравиметра на грунт.

На верхней части винтов находятся головки из эбонита, с помощью которых вращаются подъемные винты. База гравиметра d – расстояние между линией, соединяющей центры двух подъемных винтов и линией, проходящей через третий винт параллельно первой – 120 мм. Средняя часть прибора состоит из основания кварцевой системы, теплозащитного столба и верхней панели (рис. 2.3).

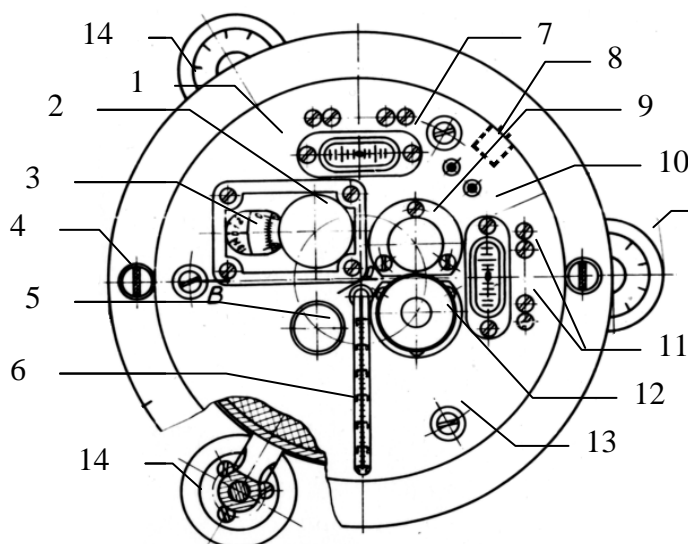


Рис. 2.3. Верхняя панель гравиметра

Средняя часть гравиметра представлена на рис. 2.4.

Основание 16 представляет собой цилиндр, на нижнем торце которого размещается конусообразная стойка 26. На стойку крепится специальная кварцевая втулка 27, к которой приваривается основная монтажная рамка кварцевой системы. Кварцевая система закрепляется защитным «стаканом» 28, который притягивается к основанию специальной кольцевой гайкой 29.

Между основанием и стаканом прокладывается уплотнительное резиновое кольцо 43, обеспечивающее герметизацию защитного стакана. Из пространства под стаканом откачивается воздух. Для этого на боковой поверхности основания имеется отверстие, куда вмонтирован вакуумный кран (рис. 2.8), представляющий собой запорный вентиль 31. С уплотнениями и гайками. Чтобы откачать воздух применяется 2 ключа. Откачка воздуха не требует разборки измерительной части гравиметра. В торец основания ввернуты 3 стойки 33 предохраняющие упругую систему от повреждения при снятии «стакана». В основании имеется пять сквозных, осевых отверстий: два – для измерительного и диапазонного устройства, два – для оптической системы и одно – для термометра. Основание соединено с верхней панелью цилиндром – теплоизолятором 10. Внутри этого цилиндра расположено 5 трубок в которых проходят: стержни измерительного 11 и диапазонного 45 винтов, стержень из оргстекла 20, термометр (рис. 2.4) и оптический канал 44. Для защиты кварцевой системы от теплообмена через верхнюю панель, пространство между трубками заполнено теплоизолирующими материалами.

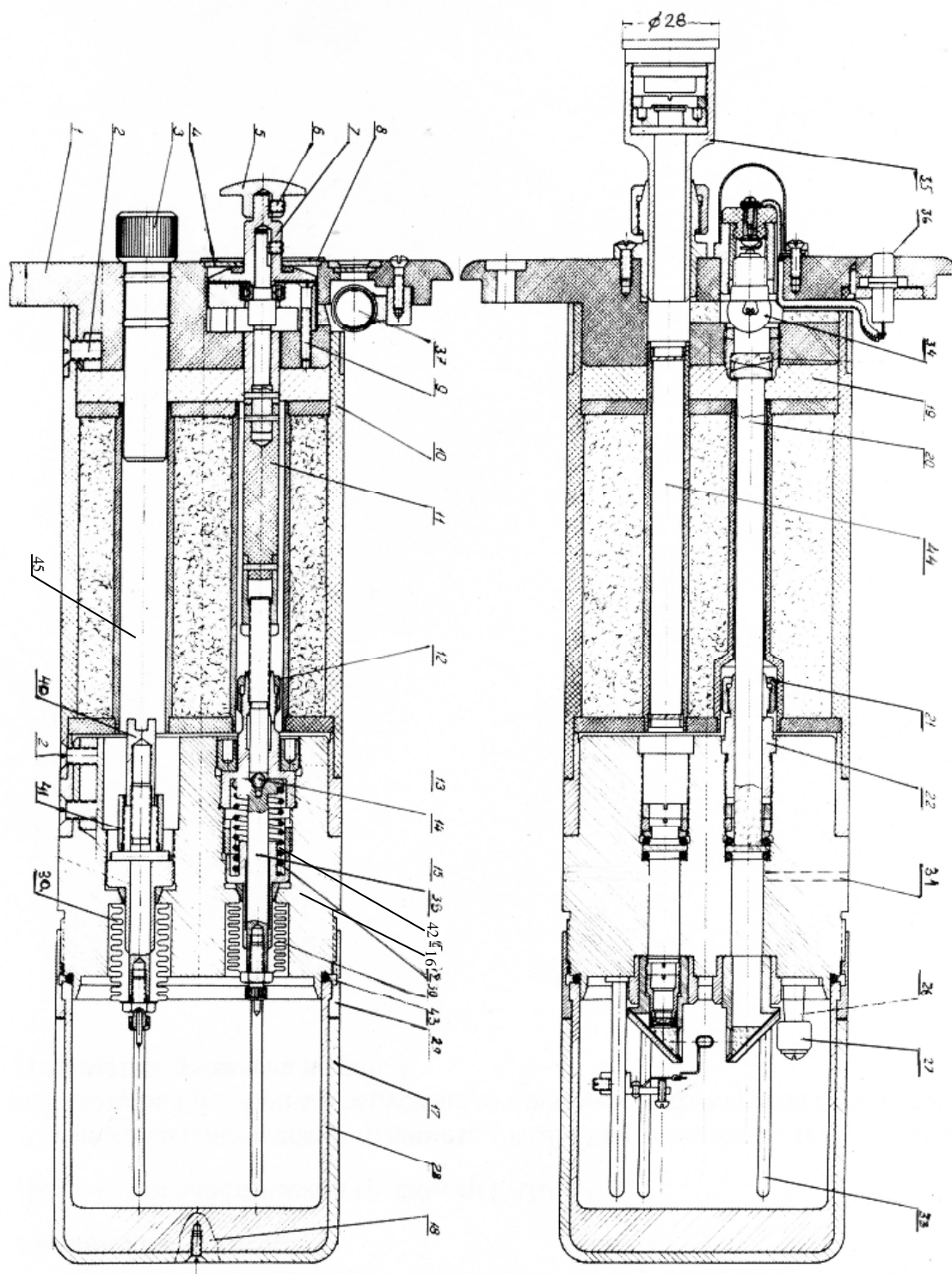


Рис. 2.4. Средняя часть гравиметра

Верхняя панель (см. рис. 2.3) представляет собой толстый диск из текстолита, служащий одновременно крышкой прибора и пробкой, закрывающей сосуд Дьюара сверху. Панель крепится тремя винтами 13 к фигурному кольцу внешнего корпуса.

Под винты подложены амортизирующие втулки (см. рис. 2.3). На верхней панели размещены: микровинт 2, отсчетное устройство 3, лампочка подсвета с конденсором 9, окуляр микроскопа 12, гнездо для подводки электропитания 8, два уровня 7 и 10 с юстировочными винтами 11, а так же ртутный термометр 6 с ценой деления 0,5 °С для измерения температуры внутри прибора, и отверстие для диапазонного ключа 5.

Гравиметр включает несколько систем: чувствительную, или кварцевую, нивелирования, электрическую, оптическую, диапазонную, вакуумирования и термостатирования.

2.1. Кварцевая упругая система

Главной частью прибора является упругая кварцевая система, изготовленная из чистого кварцевого стекла (плавленный кварц), которая изображена на рис. 2.5. Она состоит из следующих основных узлов: чувствительного элемента, представляющего собой вертикальный сейсмограф Голицина, трех пружин (главной 1, измерительной 2 и диапазонной 3), а также устройства для температурной компенсации 10–15,17.

Все перечисленные элементы смонтированы на кварцевом каркасе 16, который посредством стойки 29 прикреплен к верхнему основанию корпуса гравиметра 30.

Между концами П-образной части монтажной рамки 16 натянута горизонтальная кварцевая нить 9, на которой укреплены измерительная рамка 8 и осевой стержень 25. Этими элементами системы горизонтальная нить разделена на 4 части: нити 6–6 и 9–9.

Чувствительный элемент системы представляет собой рычаг сложной формы, подвешенный на горизонтальных нитях 9 и главной пружине 1. Рычаг состоит из осевого стержня 25, к которому прикреплен горизонтальный стержень 5, нижний отросток 4, задний 26 и вертикальный (Г-образной формы) 20. На конце стержня 5 укреплен платиновый грузик 24. Платиновая навеска служит для увеличения момента масс и исключения прилипания маятника к ограничителю 7. Она также уменьшает действие электростатических зарядов. Вес платинового грузика 0,03 г.

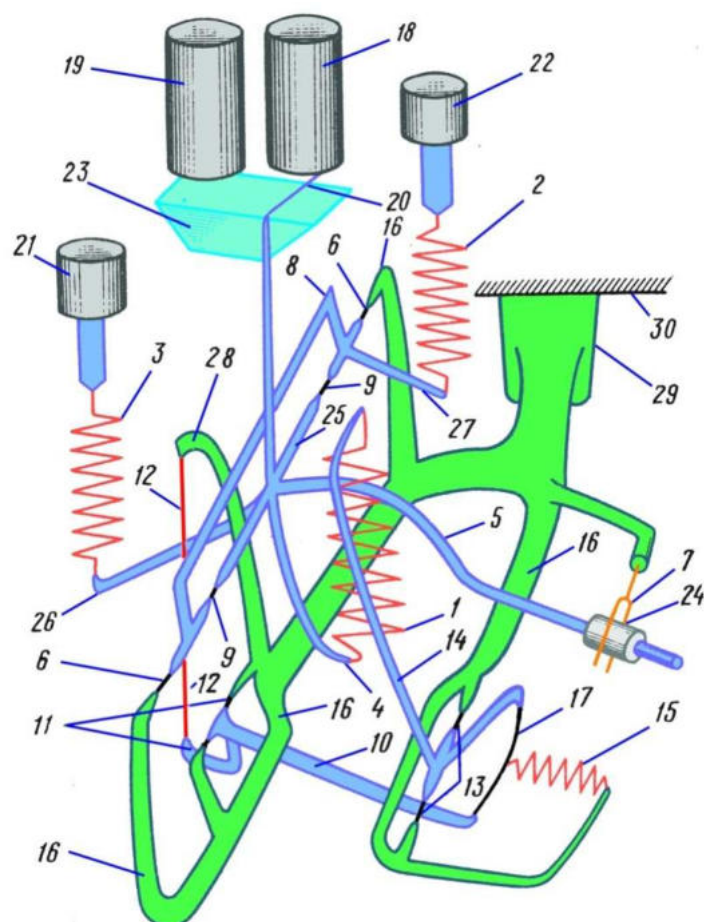


Рис. 2.5. Кварцевая упругая система гравиметра ГНУ-КВ

Температурный компенсатор состоит из горизонтального стержня *10* (первый рычаг температурного компенсатора), один конец которого (с отростком) посредством кварцевых нитей *11* прикреплен к монтажной раме *16*. К отростку рычага *10* приварена медная проволочка *12*, второй конец которой укреплен на отростке монтажной рамы *16*. Ко второму концу кварцевого рычага *10* приварена кварцевая нить *17*, второй конец которой соединен со вторым рычагом температурного компенсатора *14*, вращающимся на нитях *13*.

Главная пружина *1* нижним концом прикреплена к отростку *4* маятника, а верхним – ко второму рычагу температурного компенсатора *14*.

Принцип действия системы заключается в следующем: при изменении силы тяжести маятник *5* будет отклоняться от первоначального положения равновесия до тех пор, пока силы, вызванные деформацией главной пружины и нитей подвеса маятника *9*, не уравновесят изменение силы тяжести. Главная пружина соединена с маятником таким образом, что при изменении силы тяжести возникает дополнительный упругий момент силы главной пружины, знак которого совпадает со знаком изменения силы тяжести. Упругий момент, создаваемый главной пружиной *1* примерно в 100 раз больше остальных упругих моментов (диапазонной, измерительной и сил кручения нитей подвеса). Поэтому очень небольшие изменения силы тяжести вызывают большие деформации пружины и, следовательно, большие углы поворота

маятника. Такие системы называются астазирванными. При изменении наклона гравиметра изменяется его чувствительность. Если гравиметр наклоняется так, что прибор со стороны груза маятника поднимается относительно горизонта, то чувствительность возрастает. При наклоне в обратную сторону чувствительность уменьшается. Нормальное рабочее положение системы соответствует такому наклону всего прибора, при котором ось вращения маятника и центр тяжести груза лежат в одной горизонтальной плоскости, которая называется главной плоскостью гравиметра. Это положение соответствует минимальной чувствительности гравиметра к наклону.

При повороте маятника, вызванном изменением силы тяжести или компенсирующей силы, чувствительность упругой системы также изменится. Если сила тяжести уменьшается (маятник поднимается вверх), чувствительность возрастает. При возрастании силы тяжести (маятник опускается вниз) чувствительность уменьшается. Если перемещать по окулярной шкале положение исходной точки (отсчетного штриха), то чувствительность будет изменяться. Перемещение отсчетного штриха в сторону, соответствующую уменьшению силы тяжести, приводит к уменьшению чувствительности гравиметра, а в сторону, соответствующую увеличению силы тяжести – к увеличению чувствительности. При изменении силы тяжести маятник качается в вертикальной плоскости и вместе с ним перемещается рычаг 20 с горизонтальным стержнем на конце, называемым подвижным индексом (кварцевый стержень 10–15 мкм). Подвижный индекс освещается лучом света от осветителя 19, проходящим через призму 23 в микроскоп 18. Подвижный индекс освещается так, что проходящий свет создает интерференционную полосу, соизмеримую с шириной штриха окулярной шкалы. За его изображением наблюдают в микроскоп. Ввиду того, что момент упругих сил измерительной пружины непропорционален углу поворота маятника, его изменение непропорционально приращению силы тяжести. Таким образом, шкала, на которой регистрируют изменение силы тяжести, будет неравномерной. Этот недостаток устраняется тем, что на каждой точке маятник приводят в одно и то же исходное (горизонтальное) положение. Тем самым, изменение силы тяжести компенсируется упругой силой пружин и нитей, величину которой можно отсчитывать по равномерной шкале. Компенсация небольших изменений силы тяжести осуществляется изменением крутильного момента нитей подвеса маятника 9, угол закручивания которых изменяется при повороте рамки 8. Последняя поворачивается из-за растяжения измерительной пружины 2 посредством микрометрического устройства 22, с помощью которого можно измерить величину удлинения пружины. Мерой изменения напряженности поля силы тяжести является число оборотов микрометрического винта, измеряемое отсчетным устройством.

2.2. Система нивелирования

Система нивелирования (см. рис. 2.3) состоит из трех подъемных винтов 14 и двух цилиндрических уровней 7 и 10, оси которых расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях. Подъемные винты смонтированы на массивном основании из текстолита и расположены относительно друг друга, по окружности, через 120° . Уровень, ось которого параллельна линии соединяющей два подъемных винта, называется поперечным. Он контролирует горизонтальное положение нити подвеса маятника, которая параллельна оси поперечного уровня.

Уровень, ось которого расположена по направлению третьего винта, называется продольным. Его ось расположена вдоль рычага маятника. Этот уровень контролирует горизонтальное положение маятника.

Цена деления уровней 30". Уровни снабжены юстировочными винтами 11. Если один из винтов выкручивается, другой обязательно должен закручиваться. При выполнении этого условия ампула уровня в оправе жестко фиксируется, что исключает ее смещение.

Диаметр головки установочного винта (на рис. 3.3, б) – 32 мм. Поэтому длина окружности головки – 100 мм. По скошенному краю головки, по ходу часовой стрелки, нанесены деления через 0,1 оборота винта, оцифрованные 0,1,2...9. Замечая «на глаз» с точностью до 1 мм положение делений относительно индекса на корпусе основания, можно оценить положение установочного винта с ошибкой 0,01 оборота.

Шаг установочного винта гравиметра a равен 0,75 мм. При повороте винта, контролирующего продольный уровень, на один оборот гравиметр наклоняется относительно вертикальной оси на угол около $20'$, т. е. цена оборота установочного винта продольного уровня $C_{пр}$ равна $20'$. Фиксируя положение винта с точностью до 0,01 оборота, можно определить наклон гравиметра вдоль продольного уровня с ошибкой около $0,2'$ или $12''$.

Наклон гравиметра вдоль оси поперечного уровня 4 в вертикальной плоскости, параллельной оси вращения маятника 5 упругой системы, производится одновременным вращением обоих винтов 3 и 6 поперечного уровня в противоположных направлениях. Цена оборота подъемного винта поперечного уровня $C_{пп}$ равна $35'$:

$$C_{пп} = C_{пр} \times \operatorname{tg} 30^\circ = 20' \times 1,73 = 35'.$$

Фиксируя положение каждого из двух винтов с точностью 0,01 оборота, можно определить наклон гравиметра вдоль поперечного уровня с ошибкой около $0,35' \cdot \sqrt{2} = 30''$.

При высокоточных измерениях силы тяжести необходимо следить за тем, чтобы при нивелировании гравиметра его высота не менялась более чем на 3 мм, что соответствует изменению силы тяжести примерно на 1 мкГал. Обычно прибор нивелируют двумя подъемными винтами при неподвижном третьем.

2.3. Электрическая система

Система состоит из источника электропитания, электрической лампочки, электрического кабеля и системы подключения электроэнергии.

В качестве источника электропитания используются или щелочные аккумуляторы типа СГД-5 емкостью 10 ампер-часов, или плоские батареи для карманного фонаря с выходным напряжением 4,5 В. Для увеличения емкости обычно составляют блок из двух-трех батарей, соединенных параллельно.

Источником света является электрическая лампочка напряжением 2,5 или 3,5 В и током 0,15–0,25 А. Спираль у лампочки должна быть по центру колбы (с «центральной волоском»). Подвод электропитания происходит с помощью двухжильного провода с виниловой изоляцией. На верхней панели гравиметра имеется миниатюрная розетка для подключения вилки с электрическим кабелем 8 (см. рис. 2.4).

Длина электрического кабеля зависит от расстояния до источника электропитания и обычно равна 50–100 см.

2.4. Оптическая система

Оптическая система гравиметра (рис. 2.6) состоит из конденсора 2, создающего равномерное распределение светового потока от электрической лампочки 1, стеклянной призмы 3, обеспечивающей поворот светового луча на 180° , объектива 4 с фокусным расстоянием около 30 см и окуляра 5 с увеличением 20 крат, позволяющего рассматривать изображение индекса маятника 6 на окулярной шкале 7.

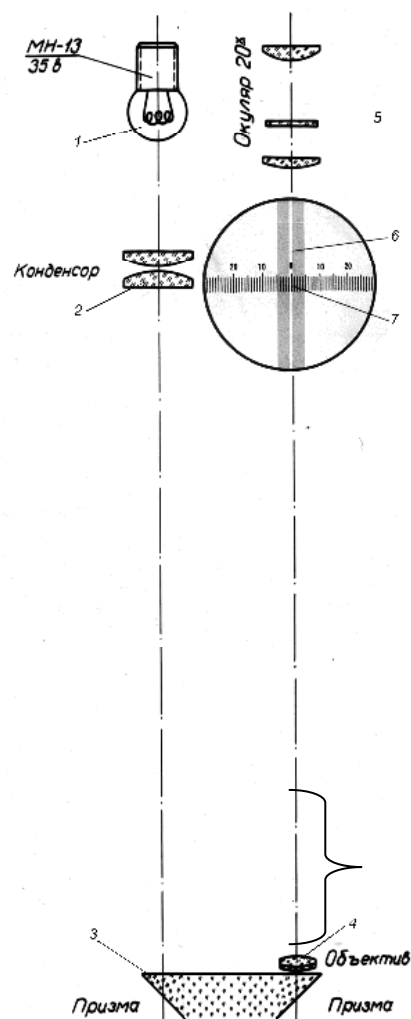


Рис 2.6. Оптическая схема гравиметра

Окулярная шкала выполнена на стеклянной пластинке, помещенной в фокусе окуляра. Истинное расстояние между штрихами окулярной шкалы 0,1 мм, а видимое, при увеличении окуляра 20 крат, – 2 мм. Деления шкалы оцифрованы: центральный штрих – 0, а каждый десятый штрих влево и вправо от нулевого цифрами 10, 20, 30.

2.5. Измерительная система

Система предназначена для определения величины отклонения маятника от горизонтального положения под действием силы тяжести.

Основной частью измерительного устройства является микрометрический винт 11 (см. рис 2.3), который одним концом связан с подвижным штоком 38, а другим – с отсчетным устройством 7. С подвижным штоком микровинт связан через шарик 14. Постоянный контакт между ними обеспечивается люфтовывбирающей пружиной 42.

Измерительная пружина кварцевой системы 2 (см. рис 2.5) одним концом прикреплена к кварцевому стержню 20, который запрессован в металлический подвижный шток 38. Изменением натяжения пружины маятник упругой

системы приводится в горизонтальное положение. Величина угла поворота микрометрического винта является мерой изменения силы тяжести, которая определяется счетчиком (рис. 2.7).

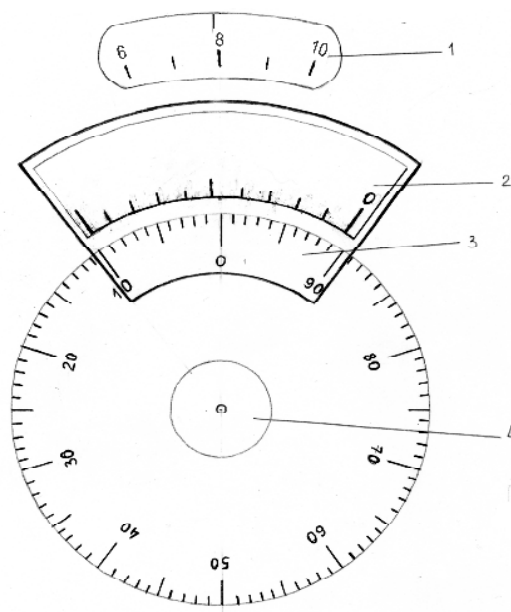


Рис. 2.7. Отсчетное устройство гравиметра

Счетчик состоит из 3-х дисков. На первом диске 1 нанесены штрихи, пронумерованные через один четными цифрами. По нему отсчитываются целые обороты микровинта относительно отсчетного индекса 5. Если, например, отсчетный индекс находится между цифрами 7 и 8, то следует записывать семь оборотов. Шкала оборотов имеет 15 делений.

На другом (основном) диске 3, соединенном с микровинтом 4, нанесено 100 делений. Каждый пятый штрих удлинен. Каждое десятое деление подписано цифрами от 0 до 90. Подписи делений «идут» против часовой стрелки. По этой шкале снимаются десятые и сотые доли оборота микровинта. При этом, отсчетным индексом является нулевой штрих третьей шкалы – нониуса 2. По ней снимаются тысячные доли оборота. Шкала имеет 10 делений. Пятый штрих длиннее остальных. Длина шкалы равна 19 делениям основной шкалы. Тысячная доля оборота соответствует порядковому номеру штриха шкалы-нониуса, который точно совпал с каким либо делением основной шкалы. Снятие тысячных долей оборота микровинта аналогично снятию десятых долей миллиметра на штангенциркуле. Если нулевой штрих шкалы расположен например, между 90 и 91 штрихом основной шкалы, то следует записать 90 сотых. Пример снятия отсчета по шкале гравиметра приведен на рис. 2.7: отсчет по гравиметру равен 7,909 оборота.

Микровинт имеет шаг (расстояние между витками резьбы) 0,5 мм. Погрешность микрометрического винта, как правило, не превышает 10 микрон ($1 \text{ мк} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$).

Жесткость измерительной пружины подбирается такая, чтобы один оборот микровинта, перемещающегося на 0,5 мм, соответствовал изменению силы тяжести на 6–8 мГал. Полный ход микровинта 7,5 мм (15 оборотов), что соответствует диапазону измерения силы тяжести без перестройки 90–120 мГал.

2.6. Диапазонная система

Система служит для перестройки диапазона измерения силы тяжести на другой интервал, допустим от 100 до 200 мГал. Устройство состоит из диапазонной пружины 3 (см. рис. 2.5), нижний конец которой прикреплен к заднему отростку рычага маятника 26, а верхний приварен к подвижному штоку диапазонного винта 21. Жесткость диапазонной пружины в 50–80 раз больше жесткости измерительной. Она такова, что перемещение штока на 0,5 мм (на один оборот) соответствует изменению силы тяжести на 200–300 мГал. Полный ход винта 5–7 мм. Таким образом, изменение полного диапазона измерения силы тяжести будет составлять 2 000–3 000 мГал. Подвижный шток имеет в верхней части шлиц под отвертку, с помощью которой перестраивается диапазон измерения силы тяжести. Например, если изображение маятника «ушло» в левую (тяжелую) сторону, то диапазонный винт необходимо вращать против часовой стрелки, т. е. винт надо вращать всегда в ту сторону, где находится маятник.

Для обеспечения герметичности корпуса упругой системы подвижные штоки измерительного и диапазонного устройств заключены в сильфоны 30 (см. рис. 2.4), представляющие собой гофрированные металлические цилиндры, способные сжиматься и растягиваться, обеспечивая при этом вакуум в объеме, где находится упругая система. Сильфон припаивается к корпусу микрометрического и диапазонного винтов. Общее удлинение сильфона при растяжении и сжатии пружины – около 12 мм.

2.7. Вакуумное устройство

Для исключения влияния давления воздуха и температуры на показание гравиметра, из объема, в котором находится кварцевая чувствительная система, откачивается воздух. Откачивание воздуха производят вакуумным насосом через вакуумный кран (рис. 2.8).

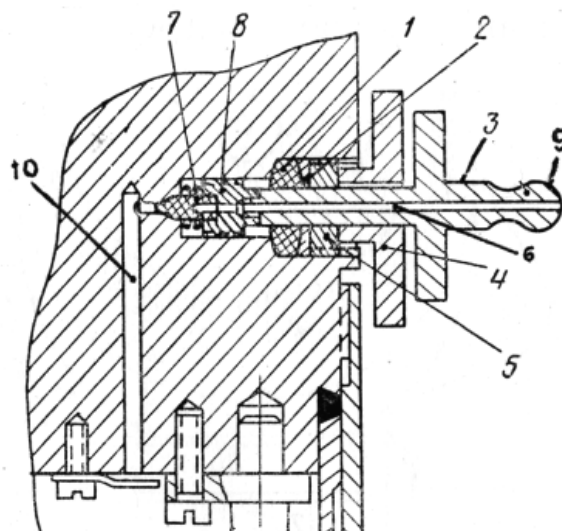


Рис. 2.8. Вакуумное устройство (вертикальный разрез)

Вакуумный кран расположен на боковой поверхности основания корпуса кварцевой системы. При откачивании воздуха применяют вакуумный ключ, состоящий из двух частей: внешней 4 и внутренней 3. Ключом 4 отпускается гайка 5, затем в отверстие гайки 5 металлической шайбы 2 и резиновой шайбы 1 вставляется ключ 3, так, чтобы он вошел в шлиц гайки 8. Ключ 3 имеет сквозное отверстие 6. Если повернуть ключ 3 против часовой стрелки, то откроется отверстие, закрываемое иглой 7, и герметическая камера через канал 10 соединится с атмосферой. На штуцер 9 ключа 3 надевается шланг из вакуумной резины, соединенный через манометр с вакуумным насосом. Чтобы воздух не смог проникнуть в герметичную камеру между ключом 3 и прокладкой 1, ключом 4 затягивают гайку 5. Затем ключ 3 поворачивают по часовой стрелке до упора. С помощью ключа 4 отпускается гайка 5 и после этого вынимается ключ 3. Остаточное давление в герметизированном корпусе составляет 1–3 мм рт. ст. (133,3–399,9 Па). Таким образом, вакуумное устройство позволяет откачать воздух из герметичной камеры без разборки средней части гравиметра.

2.8. Термостатирование гравиметра

Под действием температуры изменяются параметры пружин и нитей подвеса маятника, что приводит к кажущемуся изменению силы тяжести. Чтобы исключить влияние температуры на показания прибора, необходимо поместить упругую систему гравиметра в термостат-устройство, поддерживающее постоянную температуру в объеме, где находится чувствительная система. В практике гравиметрических работ применяют или активное или пассивное термостатирование.

Активное термостатирование (рис. 2.9) применяется в маятниковых приборах, в гравиметре ГАГ-2 и, обычно, в гравиметрах с металлической упругой системой. При этом увеличивается вес приборов.

В гравиметрах типа ГНУ-К выполняется пассивное термостатирование. В качестве пассивного термостата используется сосуд Дьюара – стеклянная колба с двойными стенками, из пространства между которыми откачан воздух (рис. 2.10). Толщина стенок – не менее 0,8 мм.

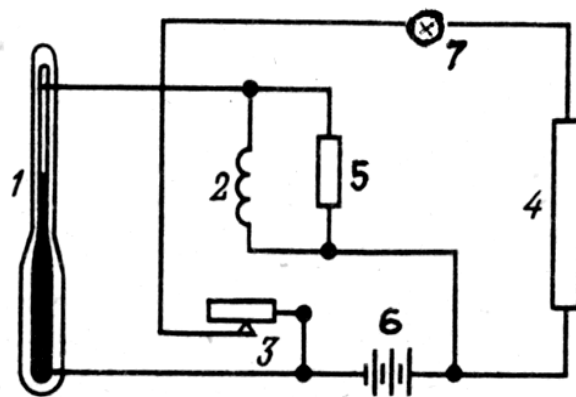


Рис. 2.9. Схема активного термостата

1 – ртутный контактный термометр; 2 – электромагнит; 3 – якорь электромагнита, 4 – термопечь, 5 – искрогаситель; 6 – батарея электропитания; 7 – сигнальная лампочка



Рис. 2.10. Сосуд Дьюара

Качество сосуда Дьюара определяется отражательной способностью его стенок, теплопроводностью их и слоя остаточного воздуха между стенками. Хорошее покрытие характеризуется коэффициентом отражения 0,95–0,97. Из объема, где находится чувствительная система, откачан воздух. Отсутствие молекул воздуха препятствует передаче тепловой энергии. Остаточное давление воздуха – около $3 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. Дальнейшее разрежение, начиная с вакуума $1 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст., мало снижает теплопроводность.

В качестве теплоизоляторов в гравиметре выступают также цилиндр из пенопласта и шерстяной чехол, одеваемый на внутренний корпус гравиметра.

Кроме того, верхний кожух гравиметра имеет зеркальную поверхность, которая отражает солнечные лучи (см. рис. 2.2). Внутренняя поверхность футляра транспортировочного ящика покрыта поролоном. Остаточный температурный эффект исключается температурным компенсатором чувствительной системы гравиметра. Изменение температуры внутри гравиметра фиксируют ртутным термометром с ценой деления $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.