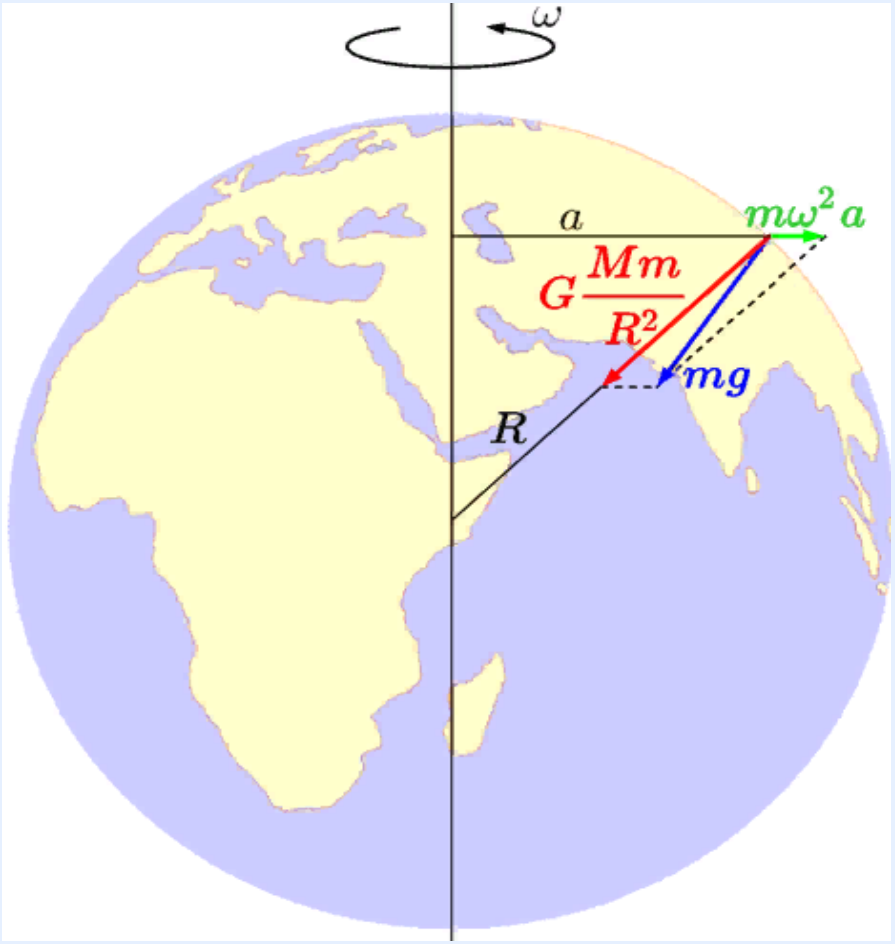
Гравиметрия

Л6. Относительные измерения ускорения силы тяжести Гравиметрами. Общие сведения о гравиметрах



Лектор Кенесбаева А.

Виды гравиметров

Статическими гравиметрами называют приборы для относительных определений силы тяжести статическим методом. В этом методе наблюдают положение равновесия тела, на которое воздействуют сила тяжести и компенсирующая сила. Принцип работы гравиметра заключается в сравнении силы тяжести с постоянной компенсирующей силой и измерении их различия.

Устройство, компенсирующее силу тяжести тела и преобразующее изменение силы тяжести в перемещения тела - чувствительный элемент гравиметра.

Рассмотрим простейшую схему чувствительного элемента гравиметра.

На пружине с начальной длиной l_0 подвешен груз p массы m. Под воздействием силы тяжести (веса груза) пружина растянулась по длине l.

Груз p под воздействием силы тяжести mg и силы $f\cdot(l-l_0)$ упругой деформации пружины занимает положение статического равновесия, отмечаемое при помощи индекса R, жестко связанного с грузом p (f - коэффициент линейной жесткости пружины).

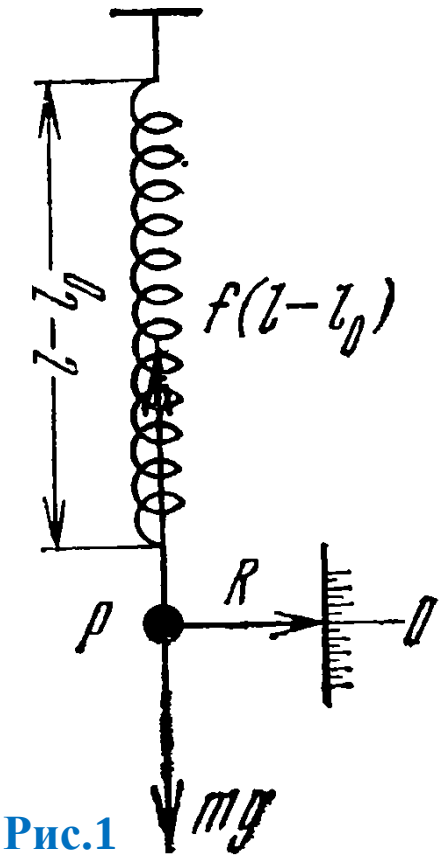


Рис.1

Виды гравиметров

Изменение силы тяжести на величину $m\Delta g$ вызовет изменение длины пружины и смещение груза **p** на величину Δl.

Линейное перемещение груза служит мерой изменения силы тяжести.

По типу компенсирующей силы гравиметры можно разделить на три класса:

- газовые гравиметры, в которых сила тяжести компенсируется силой упругости сжатого газа;
- механические, в которых компенсирующей силой является сила упругой деформации твердых тел (пружин и закрученных нитей);
- гравиметры, основанные на применении электромагнитных сил.

Подавляющее большинство современных гравиметров являются механическими.

Чувствительный элемент механического гравиметра называют упругой системой.

Упругие системы изготавливают из плавленого кварца или сплавов металлов; в связи с этим механические гравиметры делят на кварцевые и металлические.

Виды гравиметров

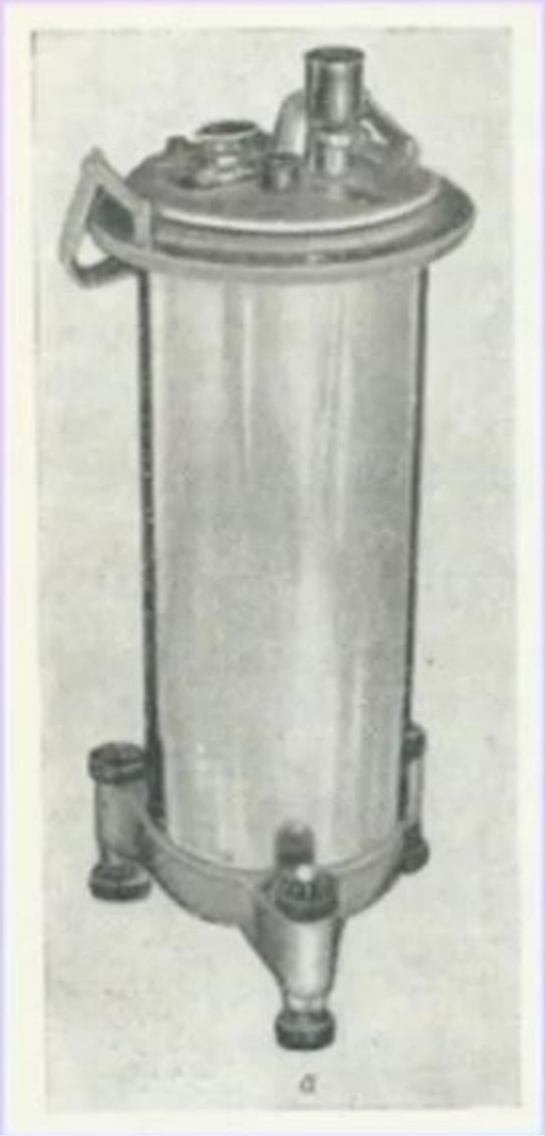
В соответствии с областью применения различают гравиметры:

- наземные (для измерений на суше),
- донные (для измерений на дне водоемов),
- морские (для измерений с надводных и подводных судов),
- скважинные (для измерений в скважинах),
- аэрогравиметры (для измерений с самолетов и других летательных аппаратов),
- для регистрации приливных изменений силы тяжести;
- гравиметры специального назначения (например, для исследования планет).

Наряду с несомненными достоинствами гравиметры обладают некоторыми принципиальными недостатками, из которых главным является изменение с течением времени свойств материала упругой системы. **Это приводит к непрерывным изменениям отсчета гравиметра.**

Это приводит к непрерывным изменениям отсчета гравиметра, возникает необходимость калибровки шкалы.

Наземный гравиметр



Скважинный гравиметр



Морской гравиметр



Гравиметр ГНУ-КВ



Гравиметры наземные узкодиапазонные с кварцевой чувствительной системой класса В ГНУ-КВ (далее гравиметры) предназначены для измерений разности ускорений силы тяжести и применяются для разведочной гравиметрической съемки.

Гравиметры можно использовать как для детальной съемки с расстоянием между пунктами от нескольких десятков метров до 1 км, так и для региональной площадной и маршрутной рекогносцировочной съемки в разведочной гравиметрии.

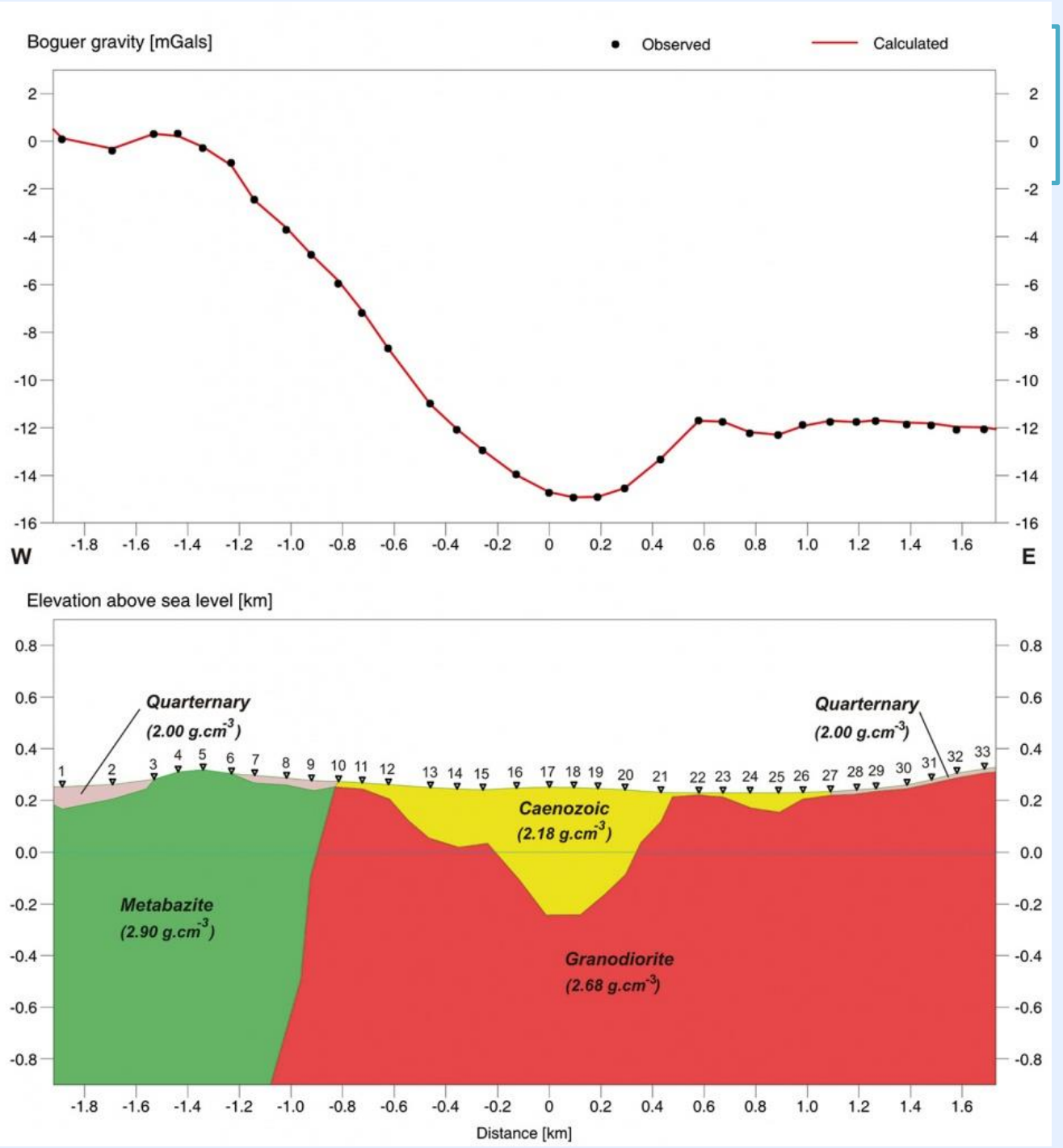
Относительный гравиметр LG-1 Galileo





Относительный гравиметр LG-1 Galileo




Boguer gravity [mGals]
Observed
Calculated
W
E
Elevation above sea level [km]
Quarternary
(2.00 g.cm-3)
Quarternary
(2.00 g.cm-3)
Caenozoic
(2.18 g.cm-3)
Metabazite
(2.90 g.cm-3)
Granodiorite
(2.68 g.cm-3)
Distance [km]

Характеристики LG-1 Galileo

Рабочий диапазон	10 000 мГал
Повторяемость	≤5 мкГал
Разрешение отсчитывания	0.1 мкГал
Частота дискретизации	10 Гц
Время съемки	от 10 с до 10 мин
Встроенные поправки	наклон, дрейф, температура
Рабочий температурный диапазон	-20 ÷ +45 °C
Питание	- 2 Li-ion АКБ по 10.4 А·ч с возможностью горячей замены обеспечивают 30 ч непрерывной работы при 25°C - адаптер питания от сети 220 В - автомобильный адаптер питания от 12 В
Габариты	23.5×21×35 см
Вес	5.8 кг (с аккумуляторами)
Габариты транспортировочного ящика	70×36×53 см
Блок управления:	
Тип клавиатуры	5-ти кнопочный джойстик
Тип дисплея	ЖК
Объем памяти	8 ГБ
GPS приёмник	SiRF Star IV (точность 3 м)
Соединение	Bluetooth для связи с гравиметром USB для подключения к ПК или Flash памяти

Относительный гравиметр LG-1 Galileo



ГРАВИМЕТР CG-6 AUTOGRAV



Относительный гравиметр CG-6 Autograv™



CG-6 Autograv™ - это наземный гравиметр следующего поколения. Имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс.

Обеспечивает быстрое, надежное и точное измерение силы тяжести.

Включает в себя новое программное обеспечение Lynx, устанавливаемое на планшет, и предоставляемое в качестве стандартнй функции.

Новый CG-6 обеспечивает простоту и эффективность получения гравиметрических данных.

Относительный гравиметр CG-6 Autograv™

ТИП ДАТЧИКА	Плавленый кварц, очищенный от электростатики
РАЗРЕШЕНИЕ	0,1 мкГал
СТАНДАРТНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ	<5 мкГал
РАБОЧИЙ ДИАПАЗОН	В любой точке мира (8000 мГал без переустановки)
ОСТАТОЧНЫЙ ДРЕЙФ	< 20 мкГал/день
НЕКОМПЕНСИРОВАННЫЙ ДРЕЙФ	< 200 мкГал/день
ДИАПАЗОН АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ НАКЛОНА	±200 арксекунд
РЕЗКОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ	< 5 мкГал для ударов с импульсом до 20 g
АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ ПОПРАВОК	Лунно-солнечные приливы, наклон прибора, температура, выборочный фильтр шумов, фильтр сейсмических шумов, дрейф
ЧАСТОТА ИЗМЕРЕНИЙ	До 10 Гц, выбирается пользователем
ТОЧНОСТЬ GPS	Стандартная точность < 3 м
РАБОТА БЕЗ НАЖАТИЯ КЛАВИШ	С дополнительным портативным планшетом с функцией Bluetooth
ЕМКОСТЬ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ	Перезаряжаемые литиевые аккумуляторные батареи со встроенной логикой: 2 x 6,8 А-ч (10,8 В). Работа в течение полного рабочего дня при температуре 25°C (77°F)
ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ	5,2 Ватт при температуре 25°C (77°F)
РАБОЧАЯ ТЕМПЕРАТУРА	От -40°C до + 45°C (от -40°F до 113°F); предлагается высокотемпературная версия до +55°C (131 °F)
ВЫВОД ЦИФРОВЫХ ДАННЫХ	USB и Bluetooth
РАЗМЕРЫ	21,5 см (В) x 21см x 24см (8,5дюйм x 8,2дюйм x 9,4дюйм)
ВЕС	5,5 кг (12 фунтов) с аккумуляторными батареями

FG10-X АБСОЛЮТНЫЙ ГРАВИМЕТР



FG10-X АБСОЛЮТНЫЙ ГРАВИМЕТР

ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ОБЩИЙ ОТГРУЗОЧНЫЙ ВЕС	150 кг в 6 контейнерах
ОБЩИЙ ОБЪЕМ	1,5 $м^3$
ТРЕБУЕМАЯ ПЛОЩАДЬ	3 $м^2$
ВХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ	110-240 В переменного тока, 50-60 Гц
НОМИНАЛЬНАЯ ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ	~300 Вт

РАБОЧИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ТОЧНОСТЬ	10 мкГал (соблюдаемое соглашение для приборов FG10-X)
ПРЕЦИЗИОННОСТЬ	20 мкГал/Гц в тихом месте (например, ~10 мкГал в течение 1 минуты)
РАБОЧИЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН	По всему миру
ДИАПАЗОН РАБОЧИХ ТЕМПЕРАТУР	От 20°C до 30°C

Физические свойства материалов, применяемых для изготовления гравиметров

Для изготовления упругих систем отечественных гравиметров применяют преимущественно плавленый кварц. Этот материал обладает высокой прочностью и твердостью, легко поддается обработке. Из плавленого кварца сравнительно легко изготовить нити и пружины.

Кварцевые нити обладают малой вязкостью, поэтому они закручиваются. Благодаря этому из кварцевых нитей можно изготовить систему с малым смещением нуль-пункта. Прочность кварцевых нитей на разрыв уступает только прочности вольфрамовых нитей.

Кварцевая нить диаметром 40 мкм выдерживает нагрузку в 20 г.

Плавленый кварц имеет очень малый (около 0,5-10~6) и практически постоянный в диапазоне температур от 0° до 1000 °С коэффициент линейного расширения (температура плавления кварца около 1700 °С).

К недостаткам кварца можно отнести большое значение (+120x10~6) термоэластического коэффициента и хрупкость. Кварцевые системы требуют поэтому надежной защиты от колебаний температуры и особенно осторожного обращения.

Влияние микросейсмических колебаний почвы, магнитного и электрического полей

На положение чувствительной системы гравиметра, помимо силы тяжести и архимедовой силы, действуют силы инерции, вызванные микросейсмическими движениями почвы.

Характер воздействия этих сил зависит от их частоты и амплитуды. Колебания почвы с амплитудами свыше 0,1 — 1 мкм и низкими частотами менее 20 Гц, вызывают видимые отклонения рычага упругой системы.

Наблюдения при таких значительных колебаниях, как правило, не производят.

Микросейсмы с амплитудами около 0,1 мкм и частотами 25—30 Гц вызывают заметный при наблюдениях «размыв» изображения рычага упругой системы в поле зрения микроскопа, поэтому во избежание погрешностей измерения при размытом изображении не выполняют.

Причиной микросейсмических колебаний являются штормы в океане, слабые и далекие землетрясения, ветер, движение транспорта и т. п. Характерные амплитуды и частоты естественных микросейсм приведены в табл.

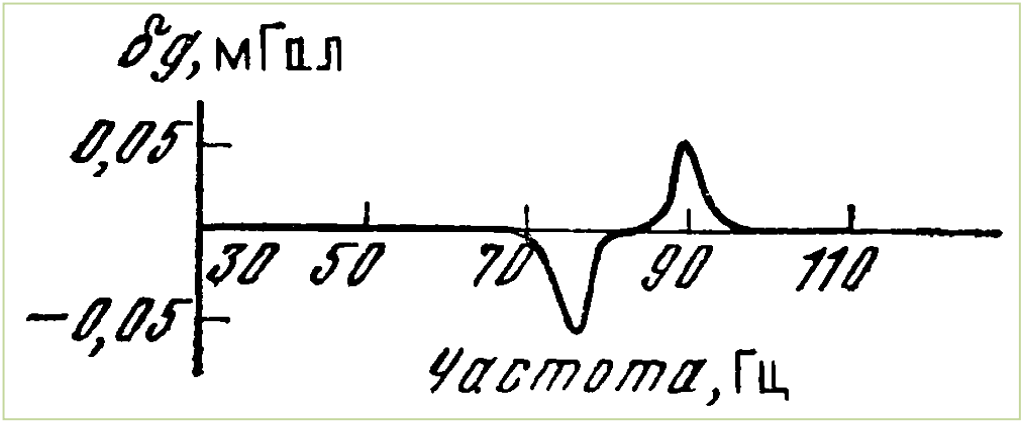
Положение пункта наблюдений	Источник микросейсм	Низкие частоты		Высокие частоты	
		амплитуда, нм	частота, Гц	амплитуда, нм	частота, Гц
Общий фон		—	—	0,3—1	300
В поле	Ветер	—	—	0,5—1	250—300
	Пролетающий вертолет	292	20	4	200
	Пролетающий самолет	40	20		
	Трактор в 300 м от точки	220	20	3	180
На опушке леса	Порыв ветра	10	50		
	Ветер	—	—	1	280—300
В лесополосе	Фон			2	200
	Ветер	60	30		
	Средний ветер	28	40		
В 15 м от шоссе	Автомашины	21	40	1	280
В 250 м от железной дороги	Электропоезд	42	40	8	450

Влияние микросейсмических колебаний почвы, магнитного и электрического полей

При амплитудах колебаний почвы менее 0,01 мкм и частотах выше 25—30 Гц могут вызывать погрешности до нескольких сотых миллигала.

На рис. 5 представлен типичный результат испытаний влияния микросейсм на измерения с астазированным кварцевым гравиметром. Испытания проведены на вибростенде, амплитуда колебаний 0,03 мкм.

На графике видно, что при частотах около 75 Гц и 90 Гц наблюдаются изменения отсчета порядка 0,05 мГал. Вибрации с частотой от 30 до 70 Гц и свыше 95 Гц не оказывают влияния на положение равновесия рычага упругой системы. Отклонение рычага от положения равновесия для двух характерных частот объясняют резонансными изгибными колебаниями элементов чувствительной системы.



Влияние микросейсмических колебаний почвы, магнитного и электрического полей

Для уменьшения влияния микросейсм гравиметры рекомендуется устанавливать вдали от возможных источников колебаний (деревья, шоссейные дороги, работающие двигатели и т. п.), не выполнять измерения в ветреную погоду.

Микросейсмические колебания являются одним из основных источников погрешностей измерений.

Влияние электрических полей может также нарушить положение равновесия в упругих кварцевых системах.