



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
РОССИИ**

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ
НОРМЫ И ПРАВИЛА**

**ИНСТРУКЦИЯ
ПО РАЗВИТИЮ ВЫСОКОТОЧНОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ
СЕТИ РОССИИ**

ГКИНП (ГНТА) –04-122-03

(издание официальное)

*Обязательна для всех предприятий, организаций и учреждений,
выполняющих топографо-геодезические и картографические работы
независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности*

**Москва
ЦНИИГАиК
2004**

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
РОССИИ**

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ
НОРМЫ И ПРАВИЛА**

**ИНСТРУКЦИЯ
ПО РАЗВИТИЮ ВЫСОКОТОЧНОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ
СЕТИ РОССИИ**

ГКИНП (ГНТА) –04-122-03

(издание официальное)

*Обязательна для всех предприятий, организаций и учреждений,
выполняющих топографо-геодезические и картографические работы
независимо от их ведомственной принадлежности и форм*

**Москва
ЦНИИГАиК
2004**

УДК 528.271 (083.133)

Инструкция по развитию высокоточной государственной гравиметрической сети России. М., Федеральная служба геодезии и картографии России 2004 г. 218 с., издание третье, исправленное и дополненное.

(Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила)

В инструкции, в целях обеспечения единства гравиметрических работ на всей территории страны, изложены современные нормативные требования к построению высокоточной государственной гравиметрической сети России, включая измерения на пунктах фундаментальной астрономо-геодезической сети, к применяемой аппаратуре и ее исследованию, методике измерений, обработке и оценке точности результатов измерений.

Терминология в тексте инструкции соответствует РТМ 68-6-94 «Работы гравиметрические наземные высокоточные и морские».

Инструкция предназначена для предприятий, организаций и учреждений, выполняющих работы по развитию высокоточной государственной гравиметрической сети России.

Инструкция разработана ФГУП Центральный ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии имени Ф.Н. Красовского (ЦНИИГАиК) на основе накопленного опыта гравиметрических работ с учетом состояния и перспектив развития высокоточных гравиметрических сетей.

В составлении инструкции принимали участие Гусев Н.А., Королев Н.Н., Рукавишников Р.Б.

Утверждена приказом руководителя Федеральной службы геодезии и картографии России от 28 декабря 2003 г. № 182-пр.

Вводится в действие с 1 февраля 2004 г.

С введением в действие данного нормативного акта утрачивает силу «Инструкция по развитию государственной гравиметрической сети СССР (фундаментальной и первого класса)», ГКИНП-04-122-88.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. В систему государственного геодезического обеспечения территории России входят государственная геодезическая сеть, государственная нивелирная сеть и государственная гравиметрическая сеть.

Государственная гравиметрическая сеть России является основой для выполнения гравиметрических исследований, имеющих целью изучение гравитационного поля и фигуры Земли и их изменений во времени, а также для решения других научных и народнохозяйственных задач, включая метрологическое обеспечение гравиметрических съемок. Она служит для распространения на территорию страны единой гравиметрической системы.

1.2. Высокоточная государственная гравиметрическая сеть представляет собой совокупность закрепленных на местности и гравиметрически связанных между собой пунктов, на которых выполняют относительные или абсолютные измерения ускорения силы тяжести и осуществляют определение высот и координат этих пунктов. Она подразделяется на государственную фундаментальную гравиметрическую сеть (ГФГС) и государственную гравиметрическую сеть I класса (ГГС-1).

1.3. ГФГС является высшим звеном гравиметрической сети России и служит для определения и уточнения гравиметрической системы страны, ее связи с мировой и зарубежными гравиметрическими системами, для метрологического обеспечения гравиметрических сетей низших классов и гравиметрических съемок России.

Высшим звеном всей структуры координатного обеспечения территории страны является фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС). На всех пунктах ФАГС определяются координаты, высота и абсолютное значение ускорения силы тяжести, так что пункты ФАГС будут одновременно являться пунктами ГФГС. Средняя плотность размещения пунктов ГФГС в этом случае составит 1 пункт на 0,5-1,0 млн. кв. км. Кроме того, абсолютные определения ускорения силы тяжести выполняются на пунктах высокоточной геодезической сети (ВГС).

Основной научной задачей, решаемой с помощью ГФГС, является изучение изменений гравитационного поля во времени. С этой целью на фундаментальных пунктах (ФП), размещаемых в различных гео-

лого-тектонических регионах, систематически выполняются абсолютные и относительные определения ускорения силы тяжести с максимально возможной на данный момент точностью.

Один из пунктов ГФГС, расположенный в Москве, на котором имеется продолжительный ряд повторных определений ускорения силы тяжести, является Главным гравиметрическим пунктом России (ГГП).

1.4. В районе Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Хабаровска и Петропавловска-Камчатского создаются главные фундаментальные пункты (“кусты” пунктов из трех и более ФП с расстоянием между пунктами $l \div 50$ км и связанные между собой относительными измерениями с погрешностью < 10 мкГал).

Примечание: $1 \text{ мГал (миллигал)} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}^2$; $1 \text{ мкГал (микрогогал)} = 1 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$

1.5. ГГС-1 предназначена для распространения с требуемой точностью принятой гравиметрической системы на всю территорию страны. Построение ГГС-1 выполняют поэтапно. На первом этапе определяют от пунктов ГФГС основные пункты 1 класса с густотой один пункт на 50-100 тыс. кв. км. Результаты измерений на основных пунктах 1 класса и пунктах ГФГС уравнивают совместно и составляют каталог пунктов. Затем, учитывая перспективные требования практики, выполняют сгущение сети до плотности 1 пункт на 10-25 тыс. кв. км путем вставок отдельных пунктов (именуемых далее пунктами 1 класса) в созданную на первом этапе сеть. Пункты размещаются с учетом удобства подъезда к ним наземным транспортом или полета на вертолете.

После завершения работ по сгущению ГГС-1 сеть уравнивают совместно с ГФГС как единое построение и составляют новый каталог, включающий все пункты ГФГС и ГГС-1.

1.6. Пункты ГФГС и ГГС-1 служат исходными при развитии гравиметрических сетей низших классов.

1.7. Работы по развитию ГФГС и ГГС-1 проводятся в соответствии с данной Инструкцией, именуемой в дальнейшем «Инструкция» и на основании технических проектов, утверждаемых Федеральной службой геодезии и картографии России.

Проектирование гравиметрической сети должно выполняться с учетом всех ранее исполненных работ после обследования сохранности гравиметрических пунктов и их центров.

Типы центров устанавливаются в зависимости от физико-географических условий района работ, глубины промерзания и оттаивания грунтов, гидрогеологического режима и других особенностей местности.

1.8. Порядок хранения материалов по гравиметрическим работам регламентируется действующим "Перечнем топографо-геодезических, картографических, аэрофотосъемочных материалов и материалов космической съемки с указанием сроков их хранения", 1987 г.

1.9. В соответствии с Федеральным законом «О геодезии и картографии» и Постановлением Правительства Российской Федерации № 1170 от 7 октября 1996 г., все пункты высокоточной государственной гравиметрической сети (фундаментальной и первого класса) находятся под охраной государства.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГФГС И ГГС-1

2.1. Государственная фундаментальная гравиметрическая сеть

2.1.1. Для обеспечения максимально возможной точности измерений и долговременной сохранности фундаментальных пунктов их размещают в капитальных зданиях, рассчитанных на длительную эксплуатацию. По возможности ФП размещают в астрономических и геофизических обсерваториях или поблизости от них. Для наблюдений создают наиболее благоприятные условия (устранение внешних влияний, например, температурных, вибрационных и др.) и применяют наиболее совершенную аппаратуру и методы.

2.1.2. Пункты ФАГС по возможности совмещаются с имеющимися пунктами ГФГС. Фундаментальный пункт ГФГС считается совмещенным с пунктом ФАГС, если расстояние между ними в плане не превышает 50 м. Если пункт ГФГС удален от пункта ФАГС на расстояние более 50 м, но не более 10 км и разность ускорения силы тяжести не превышает 20-30 мГал, то выполняется передача значения ускорения силы тяжести с пункта ГФГС на пункт ФАГС с помощью статических гравиметров с погрешностью не более 5 мкГал. Если поблизости (в радиусе 10 км) нет ФП, то создается новый фундаментальный совмещенный пункт ФАГС и ГФГС.

2.1.3. На каждом ФП выполняют абсолютные и относительные измерения ускорения силы тяжести, а также определения координат и высот пунктов. Гравиметрические определения по возможности

выполняются одновременно с определением координат и высот. Кроме того, на пунктах ГФГС определяют уровень грунтовых и подземных вод и влагонасыщенности почвы. Информацию о гидрологическом режиме получают от специализированных организаций.

Гравиметрические определения выполняют под научно-методическим руководством ЦНИИГАиК с использованием поверенных средств измерений и аттестованных методик выполнения измерений.

2.1.4. Вокруг каждого ФП в радиусе до 50 км размещают не менее четырех пунктов-спутников, предназначенных для выявления возможных локальных вариаций ускорения силы тяжести.

Если фундаментальные пункты находятся в сейсмоактивных районах или в районах, где возможно проявление нестабильности гравитационного поля, число пунктов-спутников может быть увеличено до 20, а радиус их размещения - до 150 км.

2.1.5. При построении ГФГС предусматривают, чтобы каждый ФП был связан не менее, чем с четырьмя ближайшими основными пунктами I класса, расположенными относительно него приблизительно на север, юг, восток и запад.

Примечание: Гравиметрическая связь пунктов – это измерение разности ускорения силы тяжести между пунктами.

2.1.6. Повторные определения на пунктах ГФГС осуществляются по мере необходимости, но не реже чем один раз в 5-8 лет, либо после сильных землетрясений, извержений вулканов, или других явлений в районе ФП, способных вызвать изменение ускорения силы тяжести.

2.1.7. Помещения для фундаментальных пунктов должны удовлетворять требованиям, изложенным в пункте 4.7 Инструкции, они должны размещаться в подвале (полуподвале) или на первом этаже капитальных зданий. В помещении желательно иметь 2 центра (постамент), в соответствии с главой 5.

2.1.8. Гравиметрические центры для пунктов-спутников ФП должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к центрам пунктов I класса.

2.1.9. Почвенно-геологические условия размещения пункта должны обеспечить его неизменное положение в плане и по высоте; уровень грунтовых и глубинных вод не должен претерпевать колебаний более 2 метров, возможность контроля стабильности высоты фундамента ФП обеспечивается закладкой репера (марки) в стене здания.

2.1.10. Для гравиметрических определений на ФП применяют баллистические гравиметры, маятниковые комплексы типа «Агат», статические широкодиапазонные гравиметры типа Лакоста-Ромберг или равные им по точности, руководствуясь при этом инструкциями по эксплуатации этих приборов и указаниями данной инструкции. Объем наблюдений на ФП определяется требованиями к их точности, перечисленными в п. 2.1.12. В отличие от наблюдений на пунктах I класса, программа маятниковых наблюдений на каждом ФП удваивается, причем вторая программа выполняется при повороте маятникового прибора на 90° по азимуту.

2.1.11 Для измерений на пунктах-спутниках ФП применяются гравиметры типа ГНУ-КВ, Содин или равные им по точности.

2.1.12 Ср. кв. погрешность абсолютных определений ускорения силы тяжести баллистическим гравиметром на ФП не должна превышать 0,008 мГал. Ср. кв. погрешность определения приращения силы тяжести при помощи маятниковых комплексов и гравиметров Лакоста-Ромберг между ФП, а также между ФП и пунктами I класса, не должна превышать 0,030 мГал. При определении пунктов-спутников ср. кв. погрешность измеренных приращений силы тяжести не должна превышать 0,020 мГал.

2.1.13. Для редукации результатов к центру марки, а также для определения вертикальных градиентов ускорения силы тяжести, выполняют измерения соответствующих разностей силы тяжести при помощи группы статических гравиметров высшей точности, например, ГНУ-КВ, Содин, Лакоста-Ромберг или Синтрекс, с погрешностью не более 0,003 мГал. (См. раздел 16).

2.1.14. Высоты ФП определяют из нивелирования I класса и, как исключение, II класса; высоты их пунктов-спутников – из нивелирования I и II классов и, как исключение, III класса. Для определения высот пунктов, расположенных в подвалах или других неудобных для нивелирования местах, применяют специальные приемы, обеспечивающие требуемую точность измерений (укороченные рейки и т.п.).

2.1.15. Плановое положение ФП (центра марки, заложенной в монолит) определяют по спутниковым наблюдениям с соответственной передачей координат от антенны к марке с наивысшей точностью. Плановое положение пунктов-спутников определяют по топографическим картам с погрешностью не более 100 м.

2.1.16. На каждый ФП оформляется паспорт в соответствии с п. 4.17 Инструкции, в который включаются также все данные на пункты-спутники. Все паспорта ФП хранятся в ЦНИИГАиК. (Вид паспорта дан в приложении 8).

2.2. Государственная гравиметрическая сеть 1 класса

а) Основные пункты 1 класса

2.2.1. Построение сети основных пунктов 1 класса осуществляют, исходя из следующих принципов:

- основные гравиметрические пункты 1 класса размещают по возможности равномерно на расстоянии 250-400 км один от другого;

- для измерения ускорения силы тяжести применяют баллистические гравиметры типа ГБЛ, маятниковые приборы типа «Агат» и статические гравиметры;

- при определении основных пунктов 1 класса относительными методами исходными служат фундаментальные пункты или основные пункты 1 класса, непосредственно связанные с ГПП и не менее чем с двумя другими фундаментальными пунктами;

- связи основных пунктов 1 класса должны образовывать замкнутые полигоны с числом вершин не более пяти; полигоны строятся таким образом, чтобы число передач значений силы тяжести от ГПП до любого основного пункта 1 класса не превышало трех;

- основные пункты, являющиеся третьими от ГПП по числу передач к ним значений ускорения силы тяжести, связываются непосредственно с подобными же (третьими) в других полигонах.

Необходимое число и размещение таких межполигональных связей устанавливается при составлении технического проекта.

Фрагмент построения сети основных пунктов 1 класса, построение маятниковых связей, и построение гравиметровых рейсов показаны в Приложениях 1.1, 1.2 и 1.3 Инструкции .

2.2.2. Как правило, основные пункты 1 класса размещают в капитальных зданиях. Исключения допускают лишь в малонаселенных местностях, где пункты можно размещать во временных помещениях или на открытом воздухе.

2.2.3. Каждый основной пункт 1 класса сопровождается пунктом-спутником, размещенным в ближайшем аэропорту на расстоянии, не превышающем 60 км, и контрольными реперами (п. 5.2 Инструкции).

Если основной пункт находится вблизи морского порта, то в нем также размещается пункт-спутник.

Пункты-спутники предназначаются для удобства связи пунктов 1 класса с пунктами 2 и 3 классов. Кроме того, пункт-спутник обеспечивает сохранение значения ускорения силы тяжести в случае утраты основного пункта 1 класса.

Требования к размещению основных пунктов 1 класса и их пунктов-спутников изложены в главе 4 Инструкции.

2.2.4. При применении маятниковых комплексов для измерений значения ускорения силы тяжести передают от исходного пункта А на определяемые пункты В, С, Д, Е по схеме А-В-А или А-В-С ... С-В-А. Программа и правила наблюдений на пункте изложены в главах 8 и 10 Инструкции.

2.2.5. В случае применения гравиметров связь двух пунктов осуществляют по схеме простой петли А-В-А, а если в рейсе определяют более одного пункта, то применяют схему двойной петли А-В-А-В-С-В-С

2.2.6. При применении гравиметров используют не менее 3-х приборов, а число приборо-связей устанавливают в зависимости от паспортной точности прибора. Измерения каждого Δg выполняют в разные дни.

2.2.7. Связь основных пунктов 1 класса со своими пунктами-спутниками выполняют при помощи гравиметров ГНУ-КВ, Содин, Синтрекс или аналогичными им по точности гравиметрами по правилам, изложенным в главе 12 Инструкции. или в соответствующих инструкциях по эксплуатации аппаратуры.

2.2.8. Средняя квадратическая погрешность определения разности значений ускорения силы тяжести между двумя связываемыми основными пунктами 1 класса, или между одним из них и фундаментальным пунктом, при определении комплектом любой аппаратуры (маятниками или гравиметрами) не должна превышать 0,04 мГал. Аналогичная погрешность по одному маятниковому прибору комплекса не должна превосходить 0,07 мГал, а по гравиметру - 0,09 мГал. Эти погрешности вычисляют как средние квадратические величины средних квадратических погрешностей связей двух смежных пунктов, полученных не менее чем по пяти последовательным связям, выполненным данной бригадой, и вычисленных по методике, изложенной в главе 14 Инструкции.

Расхождение результатов измерений, полученных по различным приборам комплекта, не должно превосходить для маятников - 0,15 мГал, а для гравиметров – 0,20 мГал.

2.2.9. Ср. кв. погрешность среднего результата связи основных пунктов I класса со своими пунктами-спутниками и ранее определенными пунктами I класса (в радиусе 60 км) не должна превышать 0,02 мГал.

2.2.10 В случае выхода из строя в рейсе одного из приборов маятникового комплекса материалы измерений в этом рейсе могут быть приняты, если удовлетворяются все остальные требования данной инструкции к точности результатов.

2.2.11. Если основной пункт I класса имеет 2 или более пунктов-спутников, необходимо образовать из всех соответствующих связей замкнутый полигон, что позволяет независимо проконтролировать выполнение привязок пунктов-спутников к основному пункту.

2.2.12. Допустимые невязки в полигонах, образованных связями основных пунктов I класса, вычисляют по формуле

$$W = 0,10 \sqrt{l} \text{ мГал,}$$

где l – число сторон полигона.

2.2.13. Средняя квадратическая погрешность урванного значения силы тяжести для основных пунктов I класса в принятой общегосударственной системе в целом по сети не должна превышать 0,03 мГал, а для отдельных пунктов – 0,05 мГал.

2.2.14. Высоты основных пунктов I класса и их пунктов-спутников определяют из нивелирования I или II классов в соответствии с действующей инструкцией по нивелированию I, II, III и IV классов. На Арктических островах выполняют высотную привязку к реперам нивелирования III класса или к реперам урвнерных постов.

Плановое положение пунктов определяют с погрешностью не более 100 м по картам масштаба 1:25 000 и крупнее.

2.2.15. На каждый основной пункт I класса составляют паспорт согласно Приложению 8 Инструкции. Эти паспорта хранятся в предприятиях, где они составлены.

2.2.16. По завершении камеральной обработки материалов всех измерений проводят анализ полученных результатов, урвнительные вычисления, составляют технический отчет и каталог пунктов.

2.2.17. Ответственными исполнителями измерений на основных пунктах I класса должны быть опытные инженеры, прошедшие соответствующую стажировку под руководством квалифицированных специалистов.

2.2.18. Ответственность за состояние основных пунктов I класса, своевременное их обследование, ремонт, выполнение в необходимых случаях повторных измерений и т.д. несут предприятия, на территории деятельности которых находятся данные пункты, или предприятия, специально назначенные Роскартографией.

в) Пункты I класса

2.2.19. В отличие от основных пунктов:

- пункты I класса определяют методом вставки в сеть основных: пунктов I класса, уравниваемую совместно с ГФГС; при этом значения ускорения силы тяжести на соответствующих исходных пунктах принимают за "твердые";

- пункты I класса не имеют пунктов-спутников и контрольных реперов;

- в малонаселенных районах пункты I класса могут закрепляться совмещением их с пунктами триангуляции или нивелирными реперами. Гравиметрический пункт считается совмещенным с геодезическим центром, если гравиметрические приборы установлены от марки центра не далее 25 см по высоте и 5 м в плане, с последующей редуccionией измеренного значения к марке.

2.2.20. При определении пунктов I класса в качестве исходных служат пункты ГФГС и основные пункты I класса, для которых средняя квадратическая погрешность уравниваемого значения силы тяжести не превышает 0,04 мГал.

Определения выполняют, используя типовые схемы гравиметрических связей (Приложение 2 Инструкции.):

- "а", "б" и "г" – при ср. кв. погрешностях исходных пунктов менее 0,03 мГал;

- "в" – при ср. кв. погрешностях исходных пунктов, менее 0,04 мГал;

- схему «г» можно применять в труднодоступных местностях.

2.2.21. Наблюдения на пунктах I класса выполняют при помощи маятниковых комплексов типа "Агат" или гравиметров типа ГАГ, Лакоста-Ромберг или аналогичных им по точности.

2.2.22. Точность гравиметрической связи пунктов I класса с исходными пунктами или между собой должна удовлетворять требованиям пункта 2.2.8.

2.2.23. Допустимые величины невязок в полигонах I класса вычисляются по формуле, приведенной в п. 2.2.12, если же одна из сторон полигона является твердой (схемы "а" и "в"), то применяют формулу:

$$W = 2,5 \sqrt{(0,04)^2 l + (0,03)^2} \text{ мГал,}$$

где l – число сторон, на которых выполнены измерения.

2.2.24. На пунктах I класса, совмещенных с пунктами триангуляции или с нивелирными реперами, маятниковые приборы устанавливают на переносной плите, изготовленной из немагнитного материала (Приложение 6), которую на время измерений прочно укрепляют в грунте. Статические гравиметры в этом случае устанавливают на штатных подставках с подпятниками.

После вскрытия центра геодезического знака переносную плиту или подставку гравиметра устанавливают вблизи марки центра.

Для контроля жесткости установки плиты на всех приборах маятникового комплекса, установленных на ней, определяют величину сокачания штативов согласно Приложению 38.12 Инструкции. Эти величины не должны превышать $2500 \cdot 10^{-8}$ с. В противном случае выполняют новую установку плиты, обеспечив ее более жесткую связь с грунтом.

2.2.25. Разность высот переносной плиты и марки центра геодезического знака определяют техническим нивелированием с погрешностью 5 мм. Расстояние от центра плиты до указанной марки измеряют с погрешностью 1 см, а соответствующее направление - с погрешностью 5° (например, с помощью буссоли).

Схемы установки переносной плиты на пункте и размещения на ней приборов, а также элементы редукиции приводятся в журнале наблюдений.

По окончании работ на пункте восстанавливают наружное оформление геодезического знака.

2.2.26. Значение ускорения силы тяжести, измеренное в месте установки плиты, редуцируют к центру геодезического знака, используя нормальное значение вертикального градиента силы тяжести и разность высот, определенную согласно п.2.2.25.

2.2.27. Если совмещение гравиметрического и геодезического пунктов невозможно, вблизи последнего (на возможно меньшем расстоянии) закладывается гравиметрический центр в соответствии с разделом 5 Инструкции. Пункт триангуляции или нивелирный репер используются в данном случае для определения координат и высоты гравиметрического пункта.

2.2.28. При отсутствии на пункте сети переменного тока электропитание маятниковых комплексов осуществляют либо от аккумуляторов, подзарядка которых производится от бензоэлектрического агрегата мощностью не менее 1,5 кВт, либо непосредственно от этого агрегата.

При работе от аккумуляторов рабочий диапазон давлений в приборе может быть расширен до 4 мм рт. ст. Для этого случая более детально определяют в лаборатории зависимость периодов маятников от давления в этом интервале и следят, чтобы изменение поправки за амплитуду от пункта к пункту не превышало $3 \cdot 10^{-8}$ с, что достигается выбором начальной амплитуды колебаний маятников в зависимости от величины давления воздуха внутри прибора.

2.2.29. Высоты пунктов I класса, в том числе совмещенных с пунктами триангуляции, но не привязанных к линиям нивелирования, определяют из геометрического нивелирования IV класса. В порядке исключения допускается тригонометрическое нивелирование.

Координаты пунктов получают согласно п. 2.2.14 или, в случае совмещения их с пунктами триангуляции, берут из соответствующих каталогов.

2.2.30. На каждый пункт I класса составляют паспорт согласно Приложению 8 Инструкции. Паспорта пунктов хранятся в предприятиях, где они составлены.

3. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА РАЗВИТИЕ ВЫСОКОТОЧНОЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

3.1. Научно-технические проекты на развитие ГФГС и технические проекты на развитие ГГС-I составляют на основании утвержденной Роскартографией схемы размещения пунктов этих сетей в соответствии с требованиями настоящей Инструкции, Инструкции по нивелированию I, II, III и IV классов и Инструкции по проектированию топографо-геодезических работ. Проекты утверждают в установленном порядке до начала полевых работ.

3.2. Составлению научно-технических и технических проектов предшествуют сбор и анализ материалов ранее выполненных гравиметрических работ на пунктах ГФГС и ГГС-I как на территории данного объекта, так и на смежных территориях. После изучения перечисленных материалов выполняют рекогносцировку объекта.

3.3. Проект состоит из текстовой части, сметы, схем и топографических карт с нанесенными на них ранее определенными гравиметрическими пунктами ГФГС, 1 и 2 классов, намечаемыми исходными пунктами, подлежащими определению пунктами ГГС-1 или ГФГС и проектируемыми связями между ними, а также пунктами-спутниками. В районах предполагаемого размещения пунктов наносятся линии нивелирования соответствующих классов.

3.4. В текстовой части указывают:

- краткую характеристику физико-географических условий района работ, его особенности, имеющие значение для организации этих работ, глубину промерзания и протаивания грунтов, информацию о гидрогеологическом режиме, уровне грунтовых вод и его постоянстве;
- сведения о ранее определенных пунктах Государственной гравиметрической сети;
- при проектировании основных пунктов 1 класса и пунктов ГФГС - их количество, а также размещение пунктов-спутников и нивелирных знаков;
- при проектировании пунктов 1 класса - сведения об их количестве, а также о предполагаемых работах по размещению гравиметрических пунктов 2 и 3 классов;
- способы закрепления пунктов;
- программу и методы измерений, применяемую аппаратуру для выполнения гравиметрических определений;
- порядок и способы выполнения привязок гравиметрических пунктов к линиям нивелирования;
- способы определения географических координат определяемых пунктов;
- средства сообщения и связи;
- правила обеспечения техники безопасности;
- порядок и сроки обработки материалов измерений;
- сроки начала и окончания работ по отдельным этапам и по объекту в целом.

3.5. Проект размещения пунктов ГФГС составляют на картах масштаба 1:10 000 000 - 1:20 000 000; пунктов 1 кл. осн. - на картах масштаба 1:2 500 000 - 1:10 000 000; пунктов-спутников - на картах масштаба 1:25 000 - 1:100 000; пунктов 1 кл. - на картах 1:100 000 - 1:1 000 000; линий нивелирных привяз-

зок - на топографических картах или схемах масштабов 1:50 000 - 1:100 000.

3.6. В проекте предусматривают способы оперативного контроля точности измерений в полевых условиях и выполнение, в случае необходимости, до 10% дополнительных связей.

3.7. В случае необходимости предусматривают восстановление поврежденных пунктов, не изменяя высоты центров; в противном случае необходимо определить разность высот старого и нового центров с погрешностью 1 см.

3.8. При оформлении графических документов пользуются условными обозначениями, приведенными в Приложении 3.

4. РЕКОГНОСЦИРОВКА И ОБСЛЕДОВАНИЕ ПУНКТОВ

4.1. Рекогносцировку пунктов ГФГС и ГГС-I выполняют для решения следующих задач:

- определения размещения пунктов;
- выбора мест для закладки центров;
- обследования состояния центров триангуляции, с которыми предполагается совместить проектируемые пункты, и выявления условий и возможности установки гравиметрических приборов в соответствии с п.п. 2.2.19 и 2.2.24;
- выявления состояния ранее определенных пунктов;
- определения типа и глубины закладки центров гравиметрических пунктов и контрольных реперов, обеспечивающих стабильность этих знаков в различных почвенно-геологических и гидрологических условиях;
- обследования состояния реперов нивелирования в районах проектируемых высотных привязок;
- определения объемов работ для сооружения гравиметрических пунктов и их высотной привязки к реперам нивелирных линий или к геодезическим знакам;
- обследования состояния пунктов, которые будут использованы в качестве исходных;
- согласования с организациями, на территории которых предполагается разместить пункт, условий создания и длительного сохранения этих пунктов;
- сбора необходимых сведений для последующей организации и выполнения работ, выявления порядка обеспечения их строительными материалами и т.д.

4.2. Выполнение рекогносцировки поручают специалисту, имеющему опыт в области организации и производства гравиметриче-

ских работ и оценки влияния различных возмущающих факторов на результаты гравитационных измерений.

4.3. До выезда в район работ рекогносцировщик детально изучает условия выполнения проектируемых работ и собирает сведения о состоянии гравиметрической, топографо-геодезической и гидрологической изученности этого района, а также о типах центров пунктов триангуляции и нивелирных реперов, с которыми намечается совместить, проектируемые пункты.

4.4. При обследовании районов размещения ФП и пунктов I класса рекогносцировщик руководствуется следующими правилами:

- места размещения пунктов должны обеспечивать оптимальные условия выполнения наблюдений, долговременную сохранность пунктов и их центров, удобство подступов, подъездов или подлетов на вертолетах, возможность выполнения работ в любое время суток;

- изменение уровня грунтовых вод в местах, намеченных для закладки гравиметрических центров, должно быть минимальным в течение длительных промежутков времени;

- нельзя размещать пункты в зонах перспективного строительства и развития населенных пунктов, а также на участках, предназначенных для выполнения строительных, гидротехнических, дорожных, горных работ, или в районах, где возможны оползневые и карстовые явления, на участках, подверженных затоплению или размыву, а также в других местах, где не может быть гарантирована сохранность пункта.

4.5. Пункты и их пункты-спутники должны быть удалены от источников вибраций, промышленных помех, мощных магнитных и электрических полей на расстояние не менее чем:

- от заводов, фабрик, шахт, железных дорог - на 1 км (ФП) и 300 м (пункты I класса);

- от шоссежных дорог и улиц с интенсивным движением - на 200 м (ФП) и 100 м (пункты I класса);

- от высоковольтных линий электропередач – на 200 м (ФП) и 100 м (пункты I класса);

- от отдельно стоящих мачт, труб, водонапорных башен – на 200 м (ФП) и 100 м (пункты I класса);

- от отдельно стоящих больших деревьев - на 100 м (ФП) и не менее чем на расстояние, равное их высоте, для пунктов I класса;

- от мест, где возможны перемещения больших масс грунта, во-

ды и т.п. (песчаные карьеры, водохранилища, строительные площадки и т.д.), а также от буровых вышек и скважин для добычи нефти, газа и подземных вод – на 200 м (ФП) и 100 м (пункты 1 класса);

- от берегов морей со значительным уровнем приливов - на 1000 м (ФП) и 200 м (пункты 1 класса, кроме пунктов-спутников в морпортах);

- от крупных водоемов и больших рек – на 500 м (ФП) и 200 м (пункты 1 класса).

4.6. Маятниковые приборы и баллистические гравиметры нельзя устанавливать на расстоянии меньшем 3 м от сейсмографов.

4.7. Помещение, предназначенное для проектируемых пунктов, должно удовлетворять следующим требованиям:

- оно должно обеспечивать возможность закладки центра пункта непосредственно в грунт, кроме районов многолетней мерзлоты, где рекомендуется центр пункта крепить в соответствии с п. 5.1.4.;

- полезная площадь помещения должна быть не меньше 8 кв. м, для ФП высота потолка над верхней плоскостью постамента - не меньше 2 м;

- помещение должно быть вентилируемым и сухим (влажность воздуха не более 85%);

- температура в помещении не должна выходить за пределы $+10 \div +30^{\circ}\text{C}$, а ее суточные колебания не должны превышать 5° ; градиенты температуры не должны превышать 2 градуса на метр; в противном случае применяется искусственное регулирование температуры в процессе измерений;

- помещение должно иметь подводку переменного тока напряжением 220 В, мощностью не менее 2 кВт, на ФП необходимо также трехфазное напряжение, мощностью 250 Вт;

- на ФП в помещении должен быть водопровод;

- должна быть обеспечена возможность привязки гравиметрического центра к маркам или реперам нивелирования соответствующего класса.

4.8. Пункты 1 класса допускается размещать непосредственно на цементном (бетонном) полу в подвальных и полуподвальных помещениях или на первых этажах зданий. Качество бетонного покрытия должно обеспечивать прочную установку гравиметрической аппаратуры.

4.9. Если в районе работ не имеется капитальных зданий, пригодных для размещения пункта 1 класса, допускается закладка центра этого пункта вне помещения, или во временном помещении.

При размещении пунктов вне зданий предпочтительно закрепление центра, там, где это возможно, на скальных породах; если последние покрыты слоем рыхлого грунта, рекогносцировщик устанавливает толщину этого слоя и определяет необходимый объем работ по закладке центра.

4.10. Пункт триангуляции, с которым намечено совмещение гравиметрического пункта 1 класса, должен удовлетворять следующим требованиям:

- наличие возможности установки гравиметрической аппаратуры (в соответствии с п.п. 2.2.19 и 2.2.24) и палатки над ней;
- глубина закладки центра - не менее рекомендуемой для данного района действующими нормативными документами;
- высота наружного знака не должна превышать 10 м, и его состояние должно обеспечить безопасное проведение гравиметрических работ вблизи него.

При соблюдении указанных требований предпочтительнее выбирать геодезические пункты, на которых ранее выполнялись гравиметрические определения 2 класса или геометрическое нивелирование.

При совмещении пунктов 1 класса с нивелирными реперами должна быть обеспечена возможность быстрого нахождения их на местности.

4.11. Рекогносцировщик должен получать сведения на местной метеостанции о глубинах промерзания или протаивания грунта.

4.12. Для получения ориентировочных данных о глубинах промерзания и протаивания грунта на территории России следует пользоваться схематической картой (Приложение 7).

4.13. На основании данных, полученных в соответствии с п. 4.12, а также определенных гидрогеологических характеристик грунтов, рекогносцировщик выбирает для каждого пункта, размещаемого вне зданий, типы центров и контрольных реперов, устанавливает глубины и места их закладки.

4.14. Пункты-спутники в аэропортах размещают вблизи стоянок самолетов в таких местах, которые обеспечивают возможность быстрого и удобного выполнения гравиметрических определений и вместе с тем не намечаются к перестройке при реконструкции аэропорта. Размещение этих пунктов согласовывают с местными организациями.

4.15. Пункты-спутники в морских портах, как правило, размещают на пирсах и причалах.

4.16. По результатам обследования состояния определенных ранее пунктов и сохранности нивелирных знаков рекогносцировщик

составляет списки сохранившихся пунктов и знаков и определяет объемы работ в случае необходимости их восстановления, а также объем работ по выполнению привязок гравиметрических пунктов и реперов к нивелирным знакам соответствующих классов.

4.17. Основным документом, фиксирующим всю информацию, собранную в процессе рекогносцировки, является "Паспорт гравиметрического пункта и его пунктов-спутников" (Приложение 8). Заполнение этого документа продолжается при постройке или закладке знаков и всех последующих наблюдениях на них. В частности, в нем отражается сдача пункта на хранение местным органам власти.

4.18. Указанные паспорта, дающие исчерпывающие характеристики условий работ на пунктах, должны храниться наравне с материалами обработки измерений.

4.19. Все сведения, не нашедшие отражения в паспортах, а также необходимые замечания и рекомендации рекогносцировщика, приводятся в его объяснительной записке.

4.20. В результате рекогносцировки представляются следующие документы:

- схемы отрекогносцированных сетей гравиметрических пунктов в масштабах, указанных в п. 3.5;
- паспорта пунктов;
- абрисы размещения пунктов; для пунктов, находящихся вне помещений, указывают направление и расстояние до ближайших ориентиров долговременной сохранности (не менее 3-х ориентиров); в частности, для пунктов-спутников должны быть показаны здания аэропортов и морских вокзалов, взлетные полосы, ближайшие к пункту, рулежные дорожки, стоянки самолетов, подъездные пути в морских портах. Абрис составляют в произвольном масштабе в условных знаках для топографических планов масштабов 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000 и 1:500, в одном цвете;
- объяснительная записка рекогносцировщика;
- материалы обследования состояния ранее определенных пунктов в районе работ;
- список и оттиски с марок и реперов обследованных гравиметрических пунктов и нивелирных знаков;
- уточненные схемы высотной привязки гравиметрических пунктов, описания и абрисы мест закладки нивелирных знаков;

- акты на утраченные и найденные гравиметрические и геодезические пункты и нивелирные знаки;
- материалы почвенно-геологического и гидрологического обследования мест закладки центров гравиметрических пунктов и нивелирных реперов;
- материалы согласования мест закладки гравиметрических пунктов с организациями-владельцами территории и помещений.

4.21. Объяснительная записка рекогносцировщика должна содержать следующие сведения:

- краткую характеристику физико-географических условий района работ;
- характеристику почвенно-геологических условий для каждого определяемого гравиметрического пункта и закладываемого нивелирного знака;
- сведения о путях сообщения, возможных способах передвижения и транспортных средствах в районе работ, условия связи в нем;
- краткое описание бытовых условий, в которых могут оказаться гравиметрические и нивелирные бригады;
- условия найма рабочих, аренды транспорта, обеспечения строительными материалами на каждом участке работ;
- сводку результатов выполнения задания по рекогносцировке: количество отрекогносцированных пунктов и реперов, установленные объемы строительных и восстановительных работ, сроки их выполнения, сроки проведения рекогносцировки;
- предложения по конкретной организации выполнения гравиметрических и нивелирных работ;
- предложения и рекомендации рекогносцировщика по любым вопросам, которые, по его мнению, могут помочь деятельности гравиметрической и нивелирной бригадам;
- информацию, полученную в местных органах власти, о возможной реконструкции района, в котором намечается создание гравиметрического пункта, сведения о новом строительстве в этом районе промышленных предприятий, жилых домов, транспортных артерий и т.д.

5. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ПУНКТОВ

5.1. Центры гравиметрических пунктов

5.1.1. Фундаментальные гравиметрические пункты и пункты ГГС-1 закрепляют центрами, которые закладывают в помещениях, обеспечивающих их долговременную сохранность. В малонаселенных районах разрешается закладка центров пунктов ГГС-1 вне помещений, причем пункты 1 класса, как правило, совмещают с пунктами триангуляции или нивелирными реперами.

В зависимости от местонахождения гравиметрического пункта центры различаются по своей конструкции. Глубина закладки гравиметрических центров зависит от глубины промерзания (протаивания) и свойств грунтов, в которые они заложены, и одинаково как для фундаментальных пунктов, так и для пунктов 1 класса.

Номера типов центров, приведенные на чертежах в Приложении 4, являются продолжением нумерации "Дополнения к альбому типов центров и реперов".

Верхняя грань всех центров должна представлять собой хорошо выровненную горизонтальную плоскость. Наклон ее не должен превышать 1° . В верхней плоскости (с ошибкой относительно геометрического центра грани не более 2 см) укрепляют силуминовую марку (Приложение 4.3). На краю верхней грани центра (а в помещении - на стене) крепят охранную силуминовую плиту (Приложение 5).

Как правило, центры отливают непосредственно на пункте. При наличии средств механизации монолиты могут изготавливаться на базах и устанавливаться в готовом виде.

При выборе типов гравиметрических центров для различных районов страны руководствуются "Картой промерзания и протаивания грунтов для определения глубины закладки центров и реперов", М., 1987 г. (Приложение 7).

5.1.2. В области сезонного промерзания грунтов гравиметрические центры в помещениях устанавливают на первых этажах в полуподвалах или подвалах. Расстояние от центра до ближайшей стены помещения должно быть не менее 50 см.

Центр представляет собой железобетонный монолит или кирпичный постамент, который составляет единое целое с железобетонной плитой (якорем).

Поперечное сечение монолита для фундаментального пункта - 100х100 см, основного пункта I класса - 80х80 см и пункта I класса - 60х60 см.

Общий вид центра в здании дан в Приложении 4.2. Размеры бетонной плиты (якоря) зависят от поперечного сечения монолита и должны быть соответственно равными для фундаментальных пунктов - 120х120х50 см, для основных пунктов I кл. - 100х100х50 см и для пунктов I класса - 80х80х50 см. Монолит делают таким, чтобы его верхняя часть выступала над полом помещения до 15 см.

В котлован глубиной 160 см засыпают и утрамбовывают слой песка толщиной 50 см, на который устанавливают опалубку с металлической арматурой. При заливке бетона в опалубку выполняется послойная трамбовка бетона через каждые 10-15 см. При установке заранее изготовленного монолита на дно котлована заливают слой жидкого цементного раствора толщиной не менее 10 см.

Пространство между стенками котлована и монолита засыпают песком, галькой, гравием, или их смесью, с послойной трамбовкой. Запрещается засыпать котлован землей, крупноразмерными камнями, глиной.

По завершении строительных работ в помещении восстанавливают пол и при необходимости производят окраску стен и побелку потолка. Деревянный настил пола не должен касаться центра.

При размещении гравиметрических пунктов в аэропортах и морских портах вместо закладки центров разрешается использовать горизонтальные площадки фундаментов, которые находятся в кирпичных, железобетонных и каменных зданиях и сооружениях. Размеры их должны быть не менее указанных выше, и центре площади устанавливают марку, а рядом на стене укрепляют охранную плиту.

Здания и сооружения, в которых размещен такой гравиметрический пункт, должны быть удалены от посадочной полосы более чем на 100 м.

5.1.3. В области сезонного промерзания грунта центры гравиметрических пунктов, закладываемые вне помещений, отличаются от центров в зданиях тем, что увеличивается высота монолита. Размеры бетонной плиты (якоря) и поперечное сечение монолита такие же, как и при закладке центров в помещении (Приложение 4.1).

Основание бетонной плиты (якоря) должно находиться на 100 см ниже глубины наибольшего промерзания грунта. Монолит делают таким, чтобы его верхняя часть была на уровне земли. При сооружении

центра руководствуются требованиями, указанными в п. 5.1.2.

5.1.4. В области многолетнемерзлых грунтов гравиметрические центры можно закладывать в тех зданиях и сооружениях, которые возведены на скалах или установлены на сваях. Здание должно быть построено до закладки гравиметрического пункта не менее чем за 5 лет и не иметь видимых разрушений, вызванных морозным пучением. Центр гравиметрического пункта представляет собой монолит соответствующего сечения высотой 50 см (Приложение 4.6). Его устанавливают на железобетонное перекрытие первого этажа здания по возможности над сваями. Требования к помещению, где устанавливается монолит, такие же, как при закладке гравиметрических пунктов в зданиях в области сезонного промерзания грунта.

5.1.5. Вне зданий, в области многолетнемерзлых грунтов, гравиметрические пункты закладывают только в местах, где в грунте отсутствуют каменные включения, затрудняющие закладку трубчатых реперов с многодисковым якорем.

Конструкция всех центров одинакова. Центр состоит из железобетонной плиты размером 80х60х20 см, забетонированной на четырех одинаковых металлических трубах диаметром 6-8 см с толщиной стенок не менее 0,3 см (Приложение 4.5).

Основание труб располагают ниже границы протаивания на 300 см. К нижнему концу трубы приваривают многодисковый якорь, который состоит из металлического диска и 8 полудисков толщиной 0,5-0,8 см и диаметром 15 см. На расстоянии 10 см от верхнего конца трубы приваривают под прямым углом металлические стержни длиной 15 см, диаметром 0,8-1,0 см, или металлические пластины размером 15х15х0,5 см. Трубы покрывают противовыпучивающим эпоксидным покрытием (п. 5.4). Трубы опускают в заранее пробуренные термобуром или протаянные скважины. Перед опусканием трубы в скважину на дно ее заливают 20-25 л грунта густой консистенции, в который вдавливают многодисковый якорь до основания скважины. Верхнюю часть скважины заполняют талым грунтом. Верхний конец трубы должен выступать над грунтом на 40 см. Железобетонную плиту бетонируют так, чтобы ее основание находилось на расстоянии 20 см от поверхности земли.

Как исключение, допускается закладывать центр котлованным способом. При этом многодисковый якорь заменяется железобетонной плитой, по размерам и закреплению аналогичной плите, укрепляемой к

верхним концам труб (Приложение 4.5а). Глубина закладки такого центра на 100 см ниже границы наибольшего протаивания.

5.1.6. При сооружении гравиметрического пункта на скале, залегающей на глубине менее 100 см, как в области сезонного промерзания грунта, так и в зоне многолетнемерзлых грунтов, бетонную плиту (якорь) не изготавливают, а делают в скале углубление соответствующего сечения глубиной 10 см, в котором отливают монолит (приложение 4.4). Если скала находится на глубине более 100 см, отливают плиту (якорь) согласно п. 5.1.2. Верхнюю часть монолита располагают на уровне земной поверхности.

В случае выхода скалы на дневную поверхность, в ней делают углубление соответствующего сечения глубиной 10-20 см и отливают монолит высотой 50 см.

5.2. Контрольные реперы

Для привязки основных гравиметрических пунктов I класса и пунктов-спутников к линиям нивелирования, а также для контроля неизменности положения этих пунктов по высоте, вблизи них закладывают контрольные нивелирные реперы.

Место для закладки контрольного репера выбирается так, чтобы передача высоты от репера на гравиметрическую марку осуществлялась минимальным количеством нивелирных станций.

Закладывают стенные или грунтовые реперы в соответствии с Инструкцией по нивелированию.

5.3. Внешнее оформление пунктов ГГС-1

5.3.1. Для внешнего оформления гравиметрических пунктов I класса, заложенных в зданиях, применяется охранный плита размером 35,0x30,0x0,5 см, изготовленная из силумина (Приложение 5) и укрепленная на стене помещения, в котором находится центр. Гравиметрические центры всех видов, заложенные вне здания, оформляют охранный плитой, укрепляемой на краю верхней грани бетонного монолита.

5.3.2. Гравиметрические пункты, расположенные вне помещений (кроме пунктов на аэродромах), сопровождаются опознавательными знаками, аналогичными опознавательным знакам нивелирных реперов, но без охранный плиты. Выступающие над земной поверхностью части гравиметрического центра и опознавательного знака окрашивают масляной краской ярких цветов (желтой, оранжевой, красной).

5.3.3. В залесенных районах зоны многолетней мерзлоты над гравиметрическим пунктом сооружают сруб из ошкуренных бревен размером 200х200 см и высотой 50 см, закрываемый настилом (крышкой). Внутри сруба устанавливают трубчатый опознавательный знак.

В тундре над гравиметрическим центром сооружают из земли и мха курган размером 2х2 м и высотой 0,5 м, который закрывают слоем дерна. В 2,0 м от центра устанавливают трубчатый опознавательный знак, вокруг которого сооружают из грунта и мха курган высотой 70 см.

5.3.4. Над скальным гравиметрическим центром выкладывают из камней тур высотой 70 см, диаметром 150 см. На расстоянии 1 м от центра устанавливают опознавательный знак, основание которого цементируют со скалой или в скальной породе.

5.3.5. Для внешнего оформления гравиметрических пунктов I класса, совмещенных с пунктами триангуляции, используется охранный плита, укрепленная на наружном знаке пункта триангуляции.

В случае совмещения с нивелирными реперами или с пунктами триангуляции, на которых разрушены наружные знаки, охранный плита крепится на опознавательном знаке репера или на опознавательном знаке, устанавливаемом на расстоянии 1 м от центра.

5.4. Анतिकоррозийная защита

В целях ослабления действия на знаки выпучивающих усилий их следует покрывать синтетическими противовыпучивающими материалами, одновременно являющимися антикоррозийными средствами. В качестве одного из них может служить К-ПП (компаунд против пучения), состоящий из следующих компонентов:

ЭД-5 (эпоксидная смола, ГОСТ 10587-63)-100 весовых частей;
ТТМ-3(полиэфиркрилат, ТУ МПХ БУ-1756)-25 весовых частей;
ПЭПА (полиэтиленполиамин, СТУ 49-2529-62)-15 весовых частей.

Для приготовления рабочей смеси в рассчитанное количество эпоксидной смолы прибавляют в указанной выше пропорции пластификатор ТТМ-3. Смесь тщательно перемешивают. Отвердитель ПЭПА добавляют в смесь (также в указанной выше пропорции) лишь непосредственно перед нанесением ее на поверхность стенок знаков, так как спустя 1-1,5 ч. после добавления отвердителя смесь твердеет, поэтому следует составлять ее в небольших количествах.

Перемешанную смесь наносят кистью на тщательно очищенную поверхность знака и выдерживают на воздухе 2-4 часа при температуре не ниже 15°. Затем наносят второй слой, который до полного отверждения выдерживают около суток. В результате на стенке знака образуется твердая прочная пленка толщиной до 0,4 мм, стойкая к морозам до -50° и слабо смерзающаяся с грунтом.

Расход компаунда К-ПП на 1 м составляет: для бетона – 200 г, для металла – 100 г.

В жидком виде компаунды токсичны (особенно отвердитель ПЭПА), в связи с чем работы с ними следует производить на открытом воздухе. При этом работающие с компаундом должны быть снабжены резиновыми перчатками. Применение компаундов может снизить действие выпучивающих усилий на знак в 3-4 раза. Использовать их в первую очередь необходимо при закладке знаков с многодисковыми якорями.

В северной зоне сезонного промерзания компаунды следует применять при выпучивающих грунтах и особенно в случаях, когда верхние бетонные или металлические части центров не заглублены в грунт и располагаются на уровне земной поверхности или выше ее.

5.5. Обеспечение сохранности знаков

Гравиметрические пункты после их постройки должны быть осмотрены и приняты начальником партии или представителем руководства подразделения, выполняющим эти работы (Приложение 8).

Каждый построенный гравиметрический пункт сдается на сохранность местным органам власти.

5.6. Документация результатов закладки гравиметрических пунктов

После окончания работ по постройке гравиметрических пунктов дополнительно к материалам, представленным по п. 4.20, сдаются:

- фотографии гравиметрических пунктов их внешнего оформления, а также фотографии общего вида зданий и участков местности, на которых расположены гравиметрические пункты;
- акты сдачи гравиметрических пунктов под наблюдение за сохранностью органам власти или владельцам помещений;
- объяснительная записка, содержащая сводку выполненных объемов строительных и восстановительных работ на каждом гравиметрическом пункте, данные о соответствии рекогносцировки фактически полученным материалам, условия выполнения работ при закладке гра-

виметрических пунктов, особенности и трудности, встречающиеся при производстве работ, а также прочие сведения, необходимые для улучшения организации и производства последующих работ.

6. ПРИМЕНЯЕМАЯ АППАРАТУРА И ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С НЕЙ

6.1. Для работ в сети применяются баллистические гравиметры, маятниковые приборы и статические гравиметры. В Инструкции приведены краткие сведения и исследование приборов, применяемых в нашей стране.

Для абсолютных измерений применяются баллистические гравиметры ГБЛ (совместная разработка ЦНИИГАиК и Института автоматики и электрометрии СО РАН), ГБЛ-П (модификация ГБЛ), ГАБЛ-М, ГАБЛ-Э. Описание работы с этими гравиметрами приведено применительно к баллистическому гравиметру типа ГБЛ. При применении других баллистических гравиметров методика определения ускорения силы тяжести принципиально не изменяется.

Маятниковые измерения выполняются с помощью маятникового комплекса "Агат", как наиболее совершенного и обеспечивающего требуемую точность измерений.

Гравиметровые измерения выполняются с помощью гравиметров типа ГНУ-КВ и ГАГ-2. Применяются также гравиметры иностранного производства типа Содин, Синтрекс, Лакоста-Ромберг и др. Гравиметры Содин и Синтрекс принципиально не отличаются от ГНУ-К, поэтому описываемые исследования ГНУ-К также относятся и к этим гравиметрам. Гравиметров типа Лакоста-Ромберг в нашей стране имеются считанные единицы и при их исследовании следует пользоваться инструкцией по их эксплуатации. Крайне желательно, чтобы гравиметры были термостатированными.

6.2. Гравиметрические приборы являются аппаратурой высшего класса точности и требуют особо бережного обращения и тщательного ухода не только в процессе полевых измерений и лабораторных исследований, но также при складском хранении и особенно при транспортировке. Малейшая небрежность наблюдателя может вызвать повреждение прибора или привести к значительным погрешностям измерений и прямому браку.

6.3. Ответственность за исправное состояние прибора и правильное обращение с ними несет руководитель бригады. Он обязан обучить всех членов бригады правилам обращения и ухода за приборами и следить за выполнением этих правил. К работе с ГБЛ допускаются специалисты (инженеры), имеющие опыт по высокоточным гравиметрическим определениям, обращению с лазерами, электронными приборами и ЭВМ. Они должны иметь познания в оптике, механике, вакуумной технике.

6.4. Наблюдатель обязан детально ознакомиться с особенностями и правилами обращения с каждым прибором, особенностями его установки, переноса и погрузки в транспортные средства, хранения в нерабочем состоянии в соответствии с Инструкциями по эксплуатации, прилагаемыми к каждому прибору, данной Инструкцией и действующими нормативными документами.

6.5. Гравиметрические приборы необходимо всемерно оберегать от ударов, толчков, воздействия вибраций, наклонов, поворотов, резкой смены температуры, влияния сильных магнитных и электрических полей, высокой влажности, паров различных кислот и других вредных воздействий окружающей среды, пыли, грязи. Все это относится как к периоду полевых работ и лабораторных исследований, так и при транспортировке и складском хранении.

6.6. Когда маятниковая аппаратура находится в рабочем положении, т.е. маятники опущены на опорные площадки, то даже неосторожное прикосновение к прибору может вывести его из строя. Поэтому вне времени наблюдений маятники всегда должны быть арретированы и блокированы.

6.7. При перевозке баллистические гравиметры помещают в деревянные укладочные ящики. Вакуумная камера и блок затворов перевозится в вакуумированном состоянии. С этой целью на отверстия с помощью болтов крепятся специальные заглушки. В заглушке вакуумированной камеры имеется патрубок, через который производится откачка воздуха. Заглушка также ставится на место манометрического датчика ПМИ-2, который перевозится отдельно. Из блока затворов откачка воздуха производится через патрубок диффузионного насоса. Электроплитка с диффузионного насоса снимается и перевозится отдельно. На время транспортировки свободно падающее тело (СПТ) фиксируется резиновым жгутом.

6.8. Аппаратура может перевозиться на всех основных видах транспорта при условии хорошей амортизации высокочувствительных приборов: стандарта частоты, интерферометра, ЭВМ, блока сравнения длины волны лазера, маятниковых приборов, гравиметров, например, при установке их на поролон, губчатую резину, войлок и т.д. Толщина амортизационного слоя должна быть около 10 см. По железной дороге аппаратура перевозится при наблюдателе в купейных вагонах.

6.9. В самолетах аппаратура размещается в пассажирских салонах, в местах с минимальным уровнем вибраций.

6.10. Особенно тщательно предохраняют гравиметрические приборы при перевозке автотранспортом. Их устанавливают в центре салона автобуса или около кабины грузовой автомашины на поролоновые листы толщиной около 10 см, предохранявшие от прикосновения или ударов о кузов автомашины. Приборы отделяют друг от друга и боковых стенок автомобиля поролоновыми прокладками.

6.11. Приборы перевозят только в вертикальном положении. Они всегда должны быть под непрерывным надзором наблюдателя. Сдавать их в багаж во всех случаях воспрещается.

6.12. Приборы защищают от прямых лучей солнца и атмосферных осадков. При большой разности температур наружного воздуха и в помещении, куда вносятся приборы, включение аппаратуры разрешается только после отстойки в течении $3 \div 5$ часов.

6.13. Трущиеся и ржавеющие части приборов периодически смазывают маслом, а лакированные и оксидированные поверхности протирают сначала масляной, а затем сухой тряпкой. В вакуумную камеру баллистического блока ГБЛ не вносятся никаких масляных и вакуумных смазок.

6.14. Оптические детали приборов (объективы и окуляры) протирают специальными кисточками, мягкой белой тканью из льна или тонкого полотна, или рисовой бумагой и ватой. Оптические детали с внешним алюминированием запрещается протирать спиртом, или бензином. Протирать спиртом просветленную оптику разрешается только в крайнем случае при сильном загрязнении.

6.15. Разборка приборов или их отдельных узлов лицами, не имеющими специальной подготовки, запрещается. Техническое обслуживание, регулировка, настройка и определение параметров приборов производится только в лабораторных условиях опытными специалистами.

6.16. На наружной части корпуса каждого гравиметрического прибора должна быть отмечена высота эффективной точки, т.е. точки, к которой относится результат измерения ускорения силы тяжести.

Отметка делается горизонтальной линией длиной 2 см и надписью над этой линией букв "Э.Т."

6.17. Аппаратуру следует хранить в сухих, отопляемых и вентилируемых помещениях. Температура воздуха внутри помещения должна быть в пределах от +10 до +35°C, а влажность - не более 85 %. В помещении, где находятся приборы, недопустимы пары агрессивных жидкостей и газов. Запрещается хранить приборы в зоне действия сильных магнитных и электрических полей, а также вибраций. Приборы должны быть защищены от пыли, грязи, влаги и непосредственного воздействия тепловых источников.

6.18. Более подробные указания по уходу за каждым гравиметрическим и вспомогательным прибором приводятся в Инструкциях по эксплуатации и технических описаниях приборов.

7. ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТУРЫ

7.1. Общие замечания

Все приборы, используемые при гравиметрических работах на фундаментальных пунктах и пунктах I класса, систематически исследуют. Результаты исследований заносят в паспорт или формуляр данного прибора установленного образца.

Пригодность приборов к работе устанавливают при выпуске из производства, после ремонта и в эксплуатации по результатам первичной или периодической поверки, выполняемой в соответствии с эксплуатационной документацией.

7.2. Исследование баллистического гравиметра ГБЛ

7.2.1. Краткие сведения о баллистическом гравиметре ГБЛ

7.2.1.1. Принцип действия ГБЛ состоит в измерении интервалов времени, за которые СПТ проходит наперед заданные интервалы пути (несимметричный метод измерений).

Измерение пути, пройденного СПТ, осуществляется лазерным интерферометром. Мерой пути служит длина волны излучения лазера,

контролируемая по лазеру с йодной ячейкой поглощения. Мерой интервалов времени являются сигналы рубидиевого стандарта частоты.

Подробное описание ГБЛ приведено в Техническом описании, там же даны рекомендации по регулировке и настройке электронных блоков.

7.2.1.2. Технические данные ГБЛ:

- диапазон измерений - практически не ограничен;
- регистрация результатов измерений - вывод на экран монитора и на принтер;

- нестабильность длины волны рабочего лазера за время наблюдений, контролируемого по йодному лазеру - не превышает $5 \cdot 10^{-9}$;

- относительная погрешность стандарта частоты - не более $1 \cdot 10^{-9}$;

- давление остаточного газа внутри вакуумированной камеры - $< 5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. столба;

- время одного цикла измерений за одно падение СПТ ≈ 10 с;

- питание аппаратуры осуществляется от сети переменного тока $220 \text{ В} \pm 10\%$ ($50 \pm 0,5$) Гц;

- потребляемая мощность около 2 кВт;

- прибор может устанавливаться на постаменте размером 100×100 см;

- при соблюдении методики работы и правил наблюдений, изложенных в данной инструкции, ср. кв. погрешность инструментального характера измерения абсолютного значения ускорения силы тяжести, отнесенная к началу координат счета пути СПТ, не превышает $8 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}^2$ (8 мкГал);

- ГБЛ должен эксплуатироваться в закрытых отапливаемых помещениях при нормальных климатических условиях: температуре окружающей среды $+ 10 - + 30^\circ \text{ С}$, относительной влажности до 85 % при температуре 20° С и атмосферном давлении от 75 до 104 кПа (от 560 до 780 мм рт. столба);

7.2.1.3. В комплект ГБЛ входит:

- баллистический блок со штативом;

- диффузионный паромасляный и форвакуумный насосы;

- интерферометр;

- блок питания лазера;

- электронно-счетный блок;

- ЭВМ;

- стандарт частоты;

- вакуумметр Вит-2;
- блок контроля длины волны рабочего лазера;
- осциллограф.

Общая масса аппаратуры составляет около 250 кг (нетто) и около 400 кг (брутто).

В состав ГБЛ может быть также включен холодильный агрегат для охлаждения воды и перекачки ее через диффузионный паромасляный насос.

7.2.2. Методика поверки ГБЛ

7.2.2.1. Полные лабораторные исследования и поверки ГБЛ выполняются по получении его с завода-изготовителя, а также после ремонта. Эти исследования и проверки выполняют высококвалифицированные специалисты в лабораторных условиях. Первичная и периодическая поверка ГБЛ проводится в соответствии с документом «Методы и средства метрологической аттестации и поверки» МИ БГЕИ-06-89. М. ЦНИИГАиК, 1989 г.

7.2.2.2. При эксплуатации баллистических гравиметров выполняются следующие исследования и проверки:

1) Проверка внешнего вида и проверка комплектности. Проверка внешнего вида производится визуальным осмотром. Внешний вид должен соответствовать конструкторской документации (КД), а комплектность - нулевой спецификации КД.

2) Проверка вращения СПТ. Проверка выполняется в соответствии с пунктом 9.1.12.

3) Проверка работы ЭВМ. Проверка выполняется с помощью тестов, входящих в комплект ЭВМ. Быстродействие счета и емкость памяти ЭВМ должны обеспечивать число отсчетов интервалов пути и времени за одно падение СПТ не менее 300.

4) Проверка стабильности длины волны рабочего лазера. Длина волны рабочего лазера определяется сравнением его с йодным лазером. Определение длины волны рабочего лазера производится на экране осциллографа по положению метки нулевых биений Излучение рабочего и йодного лазера смешивается на фотоприемнике, усиливается и подается на осциллограф. При сканировании длины резонатора йодного лазера (что приводит к изменению длины волны его излучения) на экране осциллографа появляется метка нулевых биений, возникающая при совпадении частот лазеров. Эта метка наблюда-

ется на фоне контура с пиками мощности, рис. 1. Длина волны йодного лазера, соответствующая каждому из этих пиков, известна. (Приложение 38.15). Длина волны рабочего лазера определяется измерением на осциллографе положения метки нулевых биений относительно пиков мощности линейным интерполированием. Более подробное описание сравнения лазеров приведено в документе ГБЛ.07.10.000 ПС.

Для определения нестабильности длины волны рабочего лазера выполняется не менее 10 сравнений в течение 0,5 часа и по сходимости результатов получают относительную нестабильность за время сравнения, которая не должна превышать $4 \cdot 10^{-9}$. Воспроизводимость длины волны рабочего лазера получают из сравнения его с йодным лазером набором не менее 20 сравнений, разделенных выключениями лазера, равномерно распределенных в течение времени не меньшем, чем месяц. Погрешность воспроизводимости длины волны не должна превышать $5 \cdot 10^{-9}$ за время сравнений.

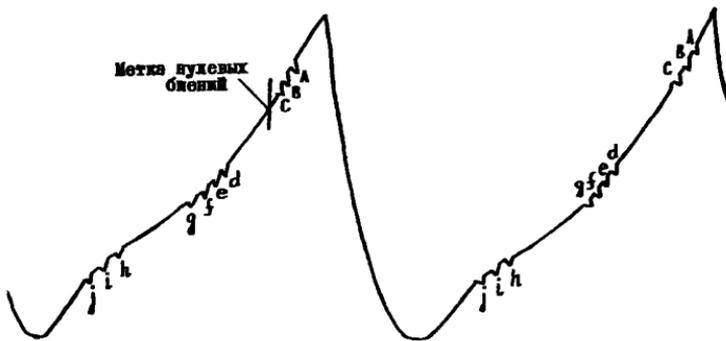


Рис. 1. Вид пиков мощности йодного лазера

5) Проверка работы вакуумной системы. Вакуумная система ГБЛ (форвакуумный и диффузионный насосы, вентили и шланги) должны обеспечивать откачку воздуха из вакуумной камеры баллистического блока до $< 5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. столба за время не более 12 часов. Скорость натекания воздуха при закрытом вентиле 1 (См. рис. 3) должна быть не более $1 \cdot 10^{-5}$ мм рт. столба за 10 с. Техника получения вакуума

описана в разделе 9. Если прибор долго (более месяца) не был в эксплуатации, то промытую ацетоном и спиртом вакуумную камеру тренируют на получение вакуума в течение нескольких дней. При обычном режиме работы прибора требуется только тщательная промывка и откачка для получения рабочего вакуума. Если за указанное время вакуумирование не выходит на заданный уровень, следует выполнить поэтапный осмотр системы, снова тщательно промыть камеру ацетоном и спиртом и откачать до требуемого давления. Если и после этого вакуум не получается, то прибор юстируют в лаборатории опытные специалисты, в частности, выполняют проверку течейскаателем.

6) Проверка виброзащиты. В соответствии с разделом 9 выполняют 3 серии измерений ускорения силы тяжести с виброзащитой (маятник сейсмометра дезарретирован). Затем маятник сейсмометра арретируют и выполняют 3 серии измерений ускорения силы тяжести. Отношение значений погрешностей измерений ускорения силы тяжести, выполненных с виброзащитой и без нее, должно быть менее четверти.

7) Проверка относительной погрешности стандарта частоты. Контроль стандарта частоты производится ежегодно в метрологических организациях, на что выдается официальное свидетельство. Относительная погрешность частоты стандарта не должна быть более $1 \cdot 10^{-9}$

8) Определение барометрического коэффициента α . Коэффициент определяется экспериментально путем измерения ускорения силы тяжести при различном давлении внутри баллистической камеры. В соответствии с выражением

$$g = g_j + \alpha B,$$

где g – значение ускорения силы тяжести при $B = 0$;

g_j – значение ускорения силы тяжести, исправленное

всеми поправками, кроме поправки за остаточное давление внутри барометрической камеры;

B – остаточное давление в камере,

производят ряд измерений ускорения силы тяжести при давлениях $2 \cdot 10^{-6}$ $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. столба. По измеренным данным составляется система уравнений, из решения которой определяется коэффициент α .

Для ГБЛ этот коэффициент равен $3,4 \text{ мкГал}/10^{-6} \text{ мм рт. столба}$. Коэффициент α определяется один раз в 10 лет.

9) Определение инструментальной погрешности измерений ускорения силы тяжести. Проверка осуществляется измерением ускорения силы тяжести на фундаментальном гравиметрическом пункте. В соответствии с разделом 9 выполняют не менее 15 серий наблюдений, при этом должны быть выполнены требования пунктов 9.2.17. и 9.2.18. Полученное среднее весовое значение ускорения силы тяжести не должно отличаться от известного ранее значения на данном пункте более чем на 50 мкГал.

Кроме того, для выполнения метрологического контроля баллистические гравиметры регулярно сравниваются между собой, как с приборами отечественного производства, так и с зарубежными приборами.

7.3. Методика поверки маятникового комплекса "Агат"

7.3.1. Полные лабораторные исследования и поверки маятникового комплекса "Агат" выполняют по получении его с завода-изготовителя, а такие после ремонта, сопровождавшегося разборкой приборов.

Эти исследования, выполняют высококвалифицированные специалисты в специально оборудованных лабораториях.

7.3.2. При полных лабораторных исследованиях комплекса выполняют:

- 1) Осмотр всей аппаратуры и проверку комплектности.
- 2) Юстировку осветителя и поверку импульсов с ФЭУ (Приложение 10).
- 3) Проверку работы фотоэлектронного регистратора (Приложение 11).
- 4) Проверку параллельности осей цилиндрических уровней плоскости вспомогательной площадки (Приложение 12).
- 5) Определение коэффициента термостатирования (Приложение 13).
- 6) Определение скорости изменения давления воздуха внутри маятникового прибора (Приложение 14).
- 7) Определение температурных коэффициентов среднего маятника прибора (Приложение 15).
- 8) Определение барометрического коэффициента маятников (Приложение 16).

9) Проверку постоянства пусковых амплитуд маятников (Приложение 17).

10) Определение разности периодов колебаний маятников в паре (Приложение 18).

11) Определение влияния температурного последствия на маятники (Приложение 19).

12) Исследование стабильности частоты кварцевых генераторов (Приложение 20).

13) Проверку работы аппаратуры при питании ее от аккумуляторов (Приложение 21).

14) Выполнение контрольного рейса (Приложение 22).

Если любое из требований, изложенных в п.п. 7,10,11 и 12 не выполняется, то соответствующие юстировки или проверки, предусмотренные этими требованиями, проводят на заводе-изготовителе.

7.3.3. В течение всего времени эксплуатации прибора и независимо от того, находится ли прибор в лаборатории или на полевых работах, один раз в 5 лет выполняют определение температурных и один раз в 2 года барометрических коэффициентов.

7.3.4. Каждый раз перед выездом на полевые работы выполняют следующие проверки и юстировки маятниковой аппаратуры:

1) Осмотр всей аппаратуры и проверку комплектности.

2) Юстировку осветителя и проверку импульсов с ФЭУ (Приложение 10).

3) Проверку фотоэлектронного регистратора (Приложение 11).

4) Проверку параллельности осей цилиндрических уровней плоскости вспомогательной агаговой площадки (Приложение 12).

5) Определение скорости изменения давления воздуха внутри маятникового прибора (Приложение 14).

6) Проверку постоянства пусковых амплитуд маятников (Приложение 17).

7) Определение разности периодов колебаний маятников в паре (Приложение 18).

8) Исследование стабильности частоты кварцевых генераторов (Приложение 20).

9) Проверку работы аппаратуры при питании ее от аккумуляторов (Приложение 21).

10) Выполнение контрольного рейса (Приложение 22). Вели какое-либо из требований п.п. 5,6 и 7 не выполняется, то соответствующие юстировки или проверки повторяют на заводе-изготовителе или в специально оборудованной лаборатории высококвалифицированные специалисты. Другие проверки и юстировки выполняют сами наблюдатели.

7.3.5. В процессе выполнения полевых работ проводят следующие исследования маятниковой аппаратуры:

1) Юстировку осветителя и проверку импульсов с ФЭУ (выполняют по мере необходимости. Приложение 10).

2) Проверку работы фотоэлектронного регистратора (указания Приложения 11 выполняют по мере необходимости).

3) Проверку параллельности осей цилиндрических уровней плоскости вспомогательной агатовой площадки (выполняют один раз на каждом пункте и при каждой установке маятникового прибора. Приложение 12).

4) Определение разности периодов колебаний маятников в паре. Выполняют в начале полевых работ, далее через каждые 3 месяца и в конце полевых работ, а также в тех случаях, когда возникает подозрение об изменении периода колебаний маятника (Приложение 18).

5) Проверку работы аппаратуры при питании ее от аккумулятора (выполняют по мере необходимости. Приложение 21).

7.4. Методика поверки гравиметра ГАГ-2

7.4.1. Полные лабораторные исследования и поверки гравиметра ГАГ-2 выполняют по получении его с завода, после каждого ремонта, сопровождающегося разборкой прибора, а также каждый раз до выезда на полевые работы. Желательно, чтобы эти исследования проводил наблюдатель.

При полных лабораторных исследованиях выполняют:

1) Осмотр гравиметра.

2) Проверку и регулировку хода подъемных винтов.

3) Проверку плавности вращения подвижной части гравиметра вокруг горизонтальной оси.

4) Проверку плавности вращения микрометрических винтов.

5) Проверку плавности вращения барабана оптического микрометра.

6) Проверку плавности вращения лимба угломерного устройства.

7) Проверку и коррекцию положения шкалы в поле зрения окуляра.

8) Проверку и установку осветительных лампочек гравиметра, угломерного устройства и термостатов.

9) Проверку работы переключателей термометров термостатов.

Перечисленные проверки выполняют согласно Приложению 23.

10) Исследование правильности работы и определение погрешностей оптического микрометра (Приложение 24).

11) Геометрические проверки и юстировки гравиметра (Приложение 25).

12) Исследование термостатов (Приложение 26).

13) Определение барометрического коэффициента гравиметра (Приложение 27).

14) Определение диапазона возможных измерений гравиметром (Приложение 28).

15) Установку диапазона измерений (Приложение 29).

16) Контрольный рейс (Приложение 22).

7.4.2. В течение полевого периода выполняют следующие исследования и проверки гравиметра:

1) Проверку плавности вращения подвижной части гравиметра вокруг горизонтальной оси.

2) Проверку плавности вращения микрометрических винтов.

3) Проверку плавности вращения барабана оптического микрометра.

Указанные проверки выполняют по мере необходимости.

7.4.3. Проверку и коррекцию положения шкалы в поле зрения окуляра выполняют один раз в месяц и по мере необходимости.

7.4.4. Проверку и установку осветительных лампочек гравиметра и угломерного устройства выполняют по мере необходимости.

Проверки по пунктам 7.4.3 и 7.4.4 выполняют в соответствии с указаниями Приложения 23.

7.4.5. Геометрические проверки и юстировки гравиметров выполняют один раз в 2 месяца и по мере необходимости (Приложение 25).

7.4.6. Исследование термостатов выполняют один раз в 10 дней и по мере необходимости (Приложение 26).

7.4.7. Установку диапазона измерений выполняют за 12 часов до начала рейса (Приложение 29).

7.5. Методика поверки гравиметров типа ГНУ-К

7.5.1. При получении гравиметров с завода, или после ремонта, сопровождавшегося разборкой прибора, проводят полное исследование гравиметра, включающее:

- 1) Осмотр гравиметра.
- 2) Проверку и регулировку хода подъемных винтов.
- 3) Проверку плавности вращения микрометричного винта.
- 4) Проверку и установку осветительной лампочки.
- 5) Проверку и исправление положения шкалы в поле зрения окуляра гравиметра.

6) Проверку и установку уровней гравиметра.

Проверки, перечисленные в п.п. 2-6, выполняют согласно указаниям, изложенным в Приложении 30.

7) Определение и регулировку чувствительности упругой системы (Приложение 31).

8) Определение времени становления отсчета (Приложение 32).

9) Определение смещения нуля-пункта (Приложение 33).

10) Определение цены деления гравиметра методом наклона с помощью установки УЭГП при различной температуре (Приложение 34).

11) Определение цены деления гравиметра на узкодиапазонном эталонном полигоне (Приложение 35).

12) Определение диапазона возможных измерений (Приложение 28).

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

14) Определение барометрического коэффициента (Приложение 27).

15) Определение температурного коэффициента и температурного гистерезиса согласно ГОСТ 13017-83

16) Испытание радиационной безопасности согласно ГОСТ 13017-83

17) Выполнение контрольного рейса (Приложение 22).

7.5.2. Перед каждым выездом на полевые работы повторяют исследования, описанные в п. 7.5.1 под №№ 1-7, 9-12, 17.

7.5.3. Определение барометрического коэффициента выполняют один раз в один-два года и по мере необходимости.

7.5.4. В течение каждого полевого периода выполняют следующие проверки каждого гравиметра:

1) Проверку и регулировку хода подъемных винтов (по мере необходимости).

2) Проверку плавности вращения микрометричного винта (по мере необходимости).

3) Проверку и коррекцию положения шкалы в поле зрения окуляра гравиметра выполняют один раз в месяц и по мере надобности.

4) Проверку и установку осветительной лампочки выполняют по мере надобности.

5) Проверку и установку уровней гравиметра выполняют ежедневно перед началом работы.

Перечисленные проверки (1-5) выполняют в соответствии с Приложением 30.

7.5.5. Определение цены деления гравиметра с помощью УЭГП выполняют в каждом сезоне до начала и по окончании полевых работ, а также по мере необходимости (Приложение 34).

7.5.6. Определение смещения нуля-пункта выполняют в каждом рейсе (Приложение 33).

7.5.7. Определение и регулировку чувствительности упругой системы выполняют один раз в 2 месяца и по мере необходимости (Приложение 31).

7.6. Исследования барометров-анероидов

Барометры-анероиды, используемые при полевых работах, сравнивают до начала и по завершении полевых работ с ртутными барометрами метеорологических станций для определения добавочных поправок. Остальные постоянные анероидов определяют один раз в 3 года, для чего их направляют в соответствующие органы Госстандарта России.

В процессе полевых работ анероиды не реже одного раза в 10 дней сравнивают между собой.

8. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПУНКТАХ

8.1. Измерения на пунктах должны выполняться таким образом, чтобы в пределах установленной программы, описанной в данной Инструкции, обеспечить их максимальную точность и надежный контроль. Для этой цели необходимо создать максимально благоприят-

ные условия наблюдений, свести к минимуму такие помехи, как влияние вибраций и микросейсм, колебания температуры, остаточные погрешности учета приливных эффектов, разности сокачаний и т.д. Все разнообразие внешних влияний Инструкцией не может быть учтено. Поэтому достижение высшей точности требует высокой квалификации исполнителей и чрезвычайно внимательного отношения к аппаратуре, внешним условиям и результатам, получаемым в процессе измерений; эти результаты должны быть объектом непрерывного внимания и анализа.

8.2. Исполнители должны тщательно изучить правила Инструкции по эксплуатации приборов всех применяемых комплексов и строго придерживаться их, наряду с правилами данной Инструкции.

8.3. На пунктах наблюдений приборы устанавливают симметрично относительно центра марки на минимальном расстоянии от нее (Приложение 37).

Элементы редукции к центру марки определяют для каждого прибора при каждой его установке на пункте и фиксируют в журнале наблюдений. Высота прибора и его эффективной точки относительно гравиметрического центра определяется с погрешностью 2 мм, а горизонтальное расстояние и азимут, соответственно, измеряют с погрешностью 10 мм и 5°.

8.4. Результаты наблюдений на пунктах записывают в журналы установленной формы (Приложение 37). Для каждого прибора должен быть свой журнал, в них, наряду с регистрацией гравиметрических определений, должны быть зафиксированы замечания наблюдателей по поводу условий измерений и объяснены все случаи исключения отдельных измерений.

8.5. На каждом пункте в журнал записывают момент начала каждой серии измерений по Московскому времени с точностью до 1 минуты с учетом летнего времени (в период его действия). Отметка об этом в журнале обязательна.

8.6. При выполнении гравиметровых связей отсчеты по всем гравиметрам на всех пунктах должны выполняться в течение минимального времени.

8.7. На каждом пункте во время наблюдений в непосредственной близости от гравиметрической аппаратуры измеряют атмосферное давление и температуру воздуха.

8.8. Наблюдения, по возможности, ведутся в наиболее благоприятное время суток, когда влияние различных промышленных помех (вибрации, работа

транспорта, колебания напряжения в электросети и т.д.) снижаются. При появлении сильных вибраций или микросейсм, затрудняющих отсчеты по приборам, работа временно прекращается.

8.9. Термостаты приборов должны быть постоянно включены как при наблюдениях на пунктах, так и при транспортировке.

8.10. Для охлаждения диффузионного насоса при его работе необходима проточная вода. Может быть использован обычный водопровод с температурой воды не выше + 20°C, ориентировочный расход которой составляет 50 литров в час. Вода подводится к насосу с помощью резиновых шлангов. Допускается подачу воды осуществлять с помощью труб на расстоянии 20 и более метров. На пунктах где нет водопровода используется блок охлаждения воды и помпа для ее прокачки через охлаждающую спираль диффузионного насоса.

8.11. В процессе работы на каждом пункте наблюдатель выполняет контрольные вычисления (Приложения 38.2-38.4). Не завершив их, с пункта уезжать запрещается.

9. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С БАЛЛИСТИЧЕСКИМ ГРАВИМЕТРОМ ГБЛ

9.1. Установка аппаратуры и подготовка ее к измерениям

9.1.1. В помещении пункта необходимо установить и поддерживать требуемую температуру воздуха, произвести сборку баллистического блока с блоком затворов, вакуумным вводом и установить собранный баллистический блок в штативе на постаменте над маркой или, если это невозможно, на минимальном расстоянии от нее, обеспечивая доступ к разъемам, вакуумным кранам. Установить на место манометрический преобразователь. Под баллистический блок установить интерферометр, обеспечивая доступ к ручкам управления. Вблизи интерферометра разместить стандарт частоты, электронно-счетный блок, ЭВМ, устройство контроля излучения рабочего лазера (йодный лазер), на который направляется луч лазера с интерферометра.

Общий вид баллистического блока и интерферометра приведен на рис. 2.

9.1.2. Приборы соединить кабелями в соответствии с маркировкой и схемой соединений (Приложение 9), заземлить приборы.

9.1.3. По цилиндрическим уровням 5 (см. рис. 2) с помощью подъемных винтов 13 выставить баллистический блок по вертикали.

9.1.4. Вскрыть вакуумную камеру 8, отвернуть вакуумный ввод 10 с двигателем 9, вынуть внутреннюю стойку с кареткой - подъемником и СПТ. Проверить чистоту входного стекла 4 баллистического блока. При необходимости протереть ее ватой, смоченной спиртом. Протереть ватой со спиртом контактирующие поверхности опор на СПТ и на верхнем фланце баллистического блока. Удалить загрязнения на поверхности ловушки и других деталях баллистического блока.

9.1.5. Вставить стойку с кареткой в вакуумную камеру, собрать баллистический блок. Соединить вакуумный шланг и шланги для воды в соответствии с рис. 2 и 3.

Вакуумная система ГБЛ приведена на рис. 3.

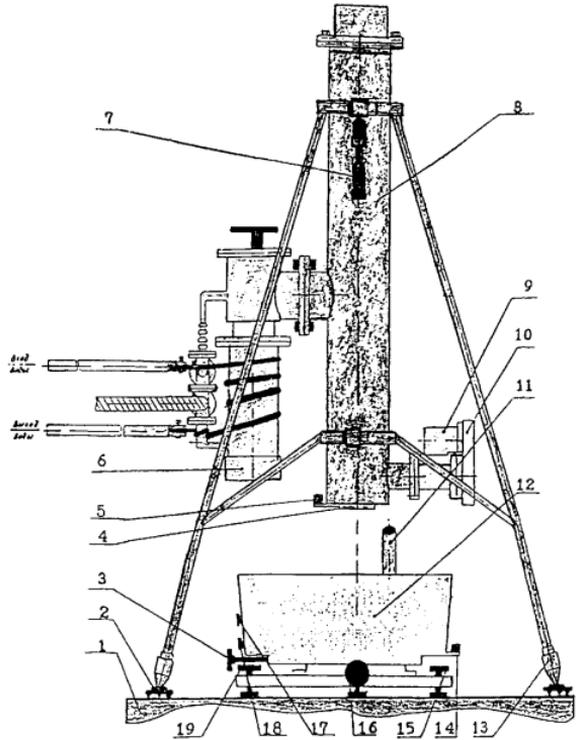


Рис.2 Баллистический блок и интерферометр

9.1.6. В баллистическом блоке создать рабочий вакуум $< 5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. столба, для этого:

- включить термopарную часть ВИТ-2;
- в исходном положении все вентили и натекагель закрыты;
- включить форвакуумный насос;
- через 30 с открыть вентиль 3;
- через 10 минут открыть вентиль 2, а затем и вентиль 1;
- после достижения в баллистическом блоке давления $\approx 1,3$ Па ($1 \cdot 10^{-2}$ мм рт. столба), что соответствует отсчету 6 мВ на стрелочном индикаторе ВИТ-2 с датчиком ПМТ-4М, закрыть вентиль 1 и вентиль 2;
- подать воду для охлаждения диффузионного насоса 6, рис. 2;
- включить электроплитку диффузионного насоса;
- через 30 минут приоткрыть вентиль 1, убедиться по термopарной части вакуумметра в том, что вакуум улучшается. В этом случае вентиль 1 закрывается и вновь открывается. Это повторяется 4-5 раз;
- включить ионизационную часть вакуумметра «измерение», кроме ПМИ-2;
- открыть вентиль 1 полностью;
- при достижении давления 0,1 Па ($1 \cdot 10^{-3}$ мм рт. столба), что соответствует 9 - 10 мВ на стрелочном индикаторе ВИТ-2, включается ПМИ-2 и режим работы ВИТ-2 переводится на ионизационную часть;
- вести откачку остаточного газа в баллистическом блоке до рабочего давления $\approx 4 \cdot 10^{-4}$ Па ($< 5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. столба);
- непрерывно работают форвакуумный и диффузионный насосы и подается вода для охлаждения диффузионного насоса.

Примечание: Работы с приборами, выпускаемыми промышленностью (стандарт частоты, осциллограф, тестер, лазер, ВИТ-2, ЭВМ), выполняются в соответствии с инструкциями по их эксплуатации.

9.1.7. Проконтролировать отсутствие загрязненности оптических деталей интерферометра по ходу лучей в оптической схеме. При необходимости очистить оптические детали колонковой кисточкой или ватой, смоченной в спирте.

9.1.8. Дезарретировать сейсмометр в интерферометре. Внешним осмотром проконтролировать отсутствие повреждений плоских пружин сейсмометра. Задавая небольшие отклонения маятнику сейсмо-

метра от положения равновесия, убедиться по его свободным колебаниям в отсутствии затираний в демпфере сейсмометра. С помощью секундомера проконтролировать период колебаний маятника, который должен быть более 3 с (период колебаний маятника сейсмометра регулируется ручкой 17, рис. 2).

9.1.9. Включить питание лазера, рубидиевого стандарта частоты и всех модулей устройства «Камак», одновременно с включением должны загораться сигнальные лампочки.

9.1.10. Проверить совмещение оси лазерного пучка в опорном плече интерферометра с центром диафрагмы на входе фотоприемника. При необходимости провести такое совмещение поворотом и подъемом выходного юстировочного зеркала. Неточность совмещения не должна превышать 0,3 мм.

9.1.11. Выставление измерительного луча интерферометра ГБЛ в вертикальное положение.

9.1.11.1. Привести уровни интерферометра 14 (Рис. 2) в нулевое положение с помощью подъемных винтов 15, 19.

9.1.11.2. Установить в блоке управления гравиметром тумблер «Цикл-Стоп» в положение «Стоп», а тумблер «Вкл-Сброс УО» в положение «Сброс УО» (см. рис. 4).

9.1.11.3. Нажать кнопку «Пуск» в блоке управления гравиметром, СПТ будет приведено в верхнее положение и останется там до прекращения тумблера «Вкл-Сброс УО» в положение «Вкл».

9.1.11.4. Перекрыть опорный луч интерферометра ручкой управления 18. Регулировочными винтами 3, 16 перемещать интерферометр в горизонтальной плоскости, чтобы ввести луч лазера в окно 4 баллистического блока и совместить с входной диафрагмой фотоприемника отраженный от СПТ луч с помощью визирной трубы 11 с ошибкой не более 0,3 мм. Переключить тумблер «Вкл-Сброс УО» в положение «Вкл», СПТ упадет в ловушку.

9.1.11.5. С помощью подъемных винтов 15, 19 и винтов 3, 16 интерферометра добиться, чтобы при падении СПТ (однократно или циклически) луч, отраженный от него, не смещался по диафрагме, находящейся в фокусе визирной трубы 11 контроля интерференции лучей лазера. В этом случае измерительный луч лазера направлен вертикально вверх.

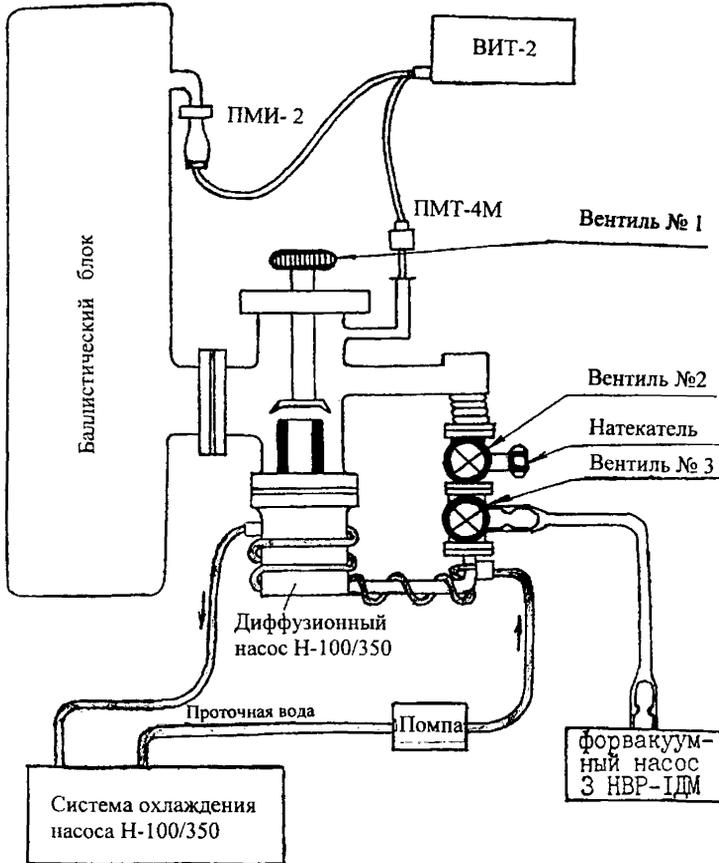


Рис. 3. Вакуумная система ГБЛ-П

Примечание: Блок управления гравиметром работает в двух режимах. В первом режиме (полуавтоматическом) выполняется однократное измерение. В этом режиме предусмотрены различные операции, выполняемые при настройке баллистического блока: задержка сброса СПТ, ручной сброс и т.д. При этом тумблер «Цикл-Стоп» стоит в положении «Стоп». Во втором режиме измерения ведутся автоматически, а тумблер «Цикл-Стоп» стоит в положении «Цикл».

9.1.12. Проконтролировать вращение СПТ, которое выполняется по блику, отраженному от передней грани уголкового отражателя во время его падения. Уход блика наблюдают на световом фоне (экране) на верхней крышке интерферометра.

9.1.12.1. Горизонтальными перемещениями интерферометра с помощью винтов 3,16 выходной измерительный луч интерферометра направить на уголкового отражатель СПТ. С этим лучом совместить автоколлимационный блик, отраженный от передней грани уголкового отражателя, на экране, расположенном на верхней крышке интерферометра.

9.1.12.2. Тумблер «Цикл-Стоп» установить в положение «Цикл», а тумблер «Вкл-Сброс УО» - в положение «Вкл» и нажать кнопку «Пуск». Прибор начинает работать в автоматическом режиме.

9.1.12.3. Наблюдать перемещение блика по экрану во время свободного падения уголкового отражателя, характеризующее вращение СПТ. Уход блика не должен быть более 2 мм.

9.1.12.4. Недопустимый разворот СПТ устраняется с помощью юстировочных винтов СПТ (см. ТО), приближая или отдаляя соответствующие части СПТ от плоскости верхнего фланца. Поворотами в резьбе специальным ключом игл СПТ добиться уменьшения перемещения автоколлимационного блика по экрану до допустимой величины. Для выполнения этой юстировки необходимо вскрыть прибор.

9.1.13. Согласно инструкции к йодному лазеру (ГБЛ.07.10.000ПС) провести контроль длины волны излучения рабочего лазера (не рекомендуется держать включенным йодный лазер более 0,5 часа).

9.1.14. Подготовить к работе электронно-счетную часть, включая ЭВМ, для этого:

9.1.14.1. Подключить с помощью заземляющих проводников корпус ЭВМ к общему контуру заземления.

9.1.14.2. Подключить ЭВМ, монитор и принтер к сети 220 В 50 Гц с помощью колодки-фильтра и произвести соединение ЭВМ со счетчиком электронно-счетного блока с помощью кабеля №8.

9.1.14.3. Выключить блок привода, включить кнопку «Пуск» блока управления гравиметром для приведения цепей шагового двигателя в исходное положение (горят светодиоды 2,4) и снова включить блок привода.

9.1.14.4. При необходимости произвести корректировку времени ЭВМ.

9.1.14.5. Вычислить поправки лунно-солнечного прилива по программе *Maria*. Для этого по запросу программы вводятся: название пункта, широта и долгота в долях градуса, высота пункта в м, дата (день, месяц, год), начальный момент счета поправок, постоянный коэффициент Хонкасало, дельта-фактор. Эфемериды Луны и Солнца вводятся заранее.

После введения этих данных вычисленные ЭВМ поправки в виде файлов выводятся в основное меню компьютера.

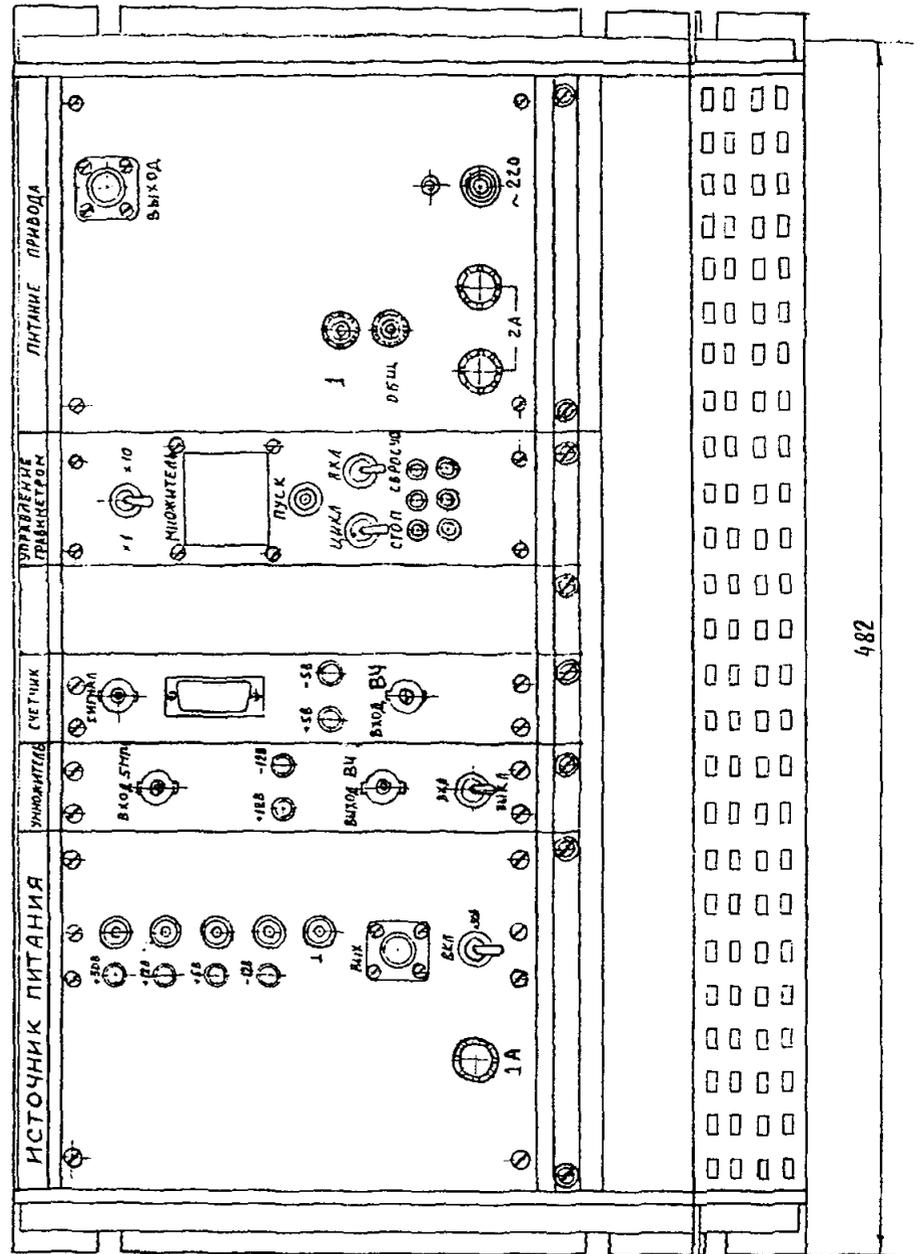
9.1.15. Аппаратура подготовлена к измерениям.

9.2. Порядок работы при измерении ускорения силы тяжести

9.2.1. Измерения начинаются после создания в баллистическом блоке давления $< 5 \cdot 10^{-6}$ мм рт. столба. Включены все приборы.

Стандарт частоты включается за 2 часа до начала измерений, рабочий лазер ЛГН-302 за 1 час, все остальные приборы за 10 мин.

9.2.2. Установить переключатель «Цикл-Стоп» в положение «Стоп», а тумблер «Вкл-Сброс УО» в положение «Вкл». С помощью программного переключателя



482

Рис. 4. Лицевая панель электронно-счетного блока

«Множитель» набрать необходимое число измерений (бросков) в серии измерений.

9.2.3. Подготовить ЭВМ к измерениям согласно п. 9.1.14.

9.2.4. В соответствии с программой *Absolut*, разработанной в Институте Физики Земли РАН Э.А.Боярским и Л.В.Афанасьевой, в ЭВМ по ее запросу ввести исходные параметры:

- название пункта вводится любыми 15 символами;
- приближенное значение ускорения силы тяжести (9 знаков);
- значение вертикального градиента ускорения силы тяжести над постаментом (в мкГал на метр), в соответствии с разделом 16;
- часовой пояс, по которому установлены часы в ЭВМ;
- высота пункта в м;
- высота гравиметра (расстояние от уровня марки постаumenta до верхней плоскости верхнего фланца прибора и расстояние от этой плоскости до центра масс СПТ в его исходном положении), в мм. Разность этих величин, вычисляемая ЭВМ, есть высота центра масс СПТ над маркой постаumenta;
- длина волны рабочего лазера, в мкм, 10 знаков после запятой;
- коэффициент α ;
- число бросков в серии измерений;
- число уровней (число измерений в одном броске =N);
- ограничительный допуск (с целью исключения грубых промахов) в мГал;
- доверительный интервал;
- число интерференционных полос между двумя соседними уровнями;
- режим измерения.

Примечания: 1) При использовании других программ матобеспечения ЭВМ, вводятся те же данные, при этом техника ввода может быть иной.

2) Вертикальный градиент ускорения силы тяжести измеряется статическими гравиметрами, или при их отсутствии принимается равным 308,6 мкГал/м.

9.2.5. Отметить поправки, которые по программе будут вводиться в результаты измерений:

- за сопротивление остаточного газа в баллистической камере;
- за атмосферное давление;
- за длину волны лазера;
- за движение полюса;

- за приливные влияния Луны и Солнца;

9.2.6. Ввести название файла, в котором будут записаны **данные** измерений и, таким образом, ЭВМ подготовлена к работе.

9.2.7. Запуск серии измерений:

- провести коррекцию положения маятника сейсмометра;

- нажать кнопку «Пуск», а тумблер «Цикл-Стоп» установить в положение «Цикл»;

- после первого броска и появления на экране указания ЭВМ нажмите Enter на клавиатуре, после чего появляется первый результат измерений.

9.2.8. Аппаратура работает автоматически. ЭВМ по программе *Absolut* обрабатывает данные каждого броска, осуществляет статистическую обработку результатов измерений, вводит в результаты измерений соответствующие поправки при заданном значении вертикального градиента.

9.2.9. После очередного броска ЭВМ вычисляет среднее значение результатов уже сделанных бросков в данной серии и его ср. кв. погрешность по формулам:

$$g_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} g_i,$$

$$m_{гср} = \sqrt{\frac{\sum (g_i - g_{cp})^2}{n(n-1)}},$$

где n – число g_i , принятых в обработку.

9.2.10. Результаты измерений в каждом броске и текущего осредненного значения с его погрешностью, выводятся на экран монитора. Это позволяет наблюдателю следить за ходом измерений.

Примечание: Если в процессе измерений произойдет «сбой», то следует нажать клавишу «Enter» на клавиатуре ЭВМ и повторно нажать кнопку «Пуск», а тумблер «Цикл-Стоп» перевести в положение «Стоп» на последнем необходимом домере.

9.2.11. Один бросок СПТ (подъем в исходное положение, его ориентация, падение, измерение параметров свободного падения, подготовка к следующему пуску) длится около 10 с; 60 ÷ 90 бросков составляют серию наблюдений, которая длится около 15 минут.

9.2.12. В конце серии по запросу ЭВМ вводятся давление внутри прибора, атмосферное давление и уточненная длина волны рабочего лазера. ЭВМ вычисляет соответствующие поправки, вводит их в полученный результат измерений и выводит на экран средний результат из серии наблюдений после чего она готова к проведению следующей серии измерений.

9.2.13. Следующая серия запускается нажатием клавиши «Enter» на клавиатуре ЭВМ и кнопки «Пуск» блока управления гравиметром.

9.2.14. После пятой серии делается перерыв для выполнения юстировок (контроля вертикали измерительного луча лазера и др.).

9.2.15. По окончании измерений на запрос ЭВМ о дальнейшем их продолжении следует ответить «N»; ЭВМ обрабатывает данные всех серий, вычисляет среднее значение, его ошибку по внутренней сходимости результатов измерений и выводит результаты на экран монитора и на принтер. Из серий наблюдений вычисляется также среднее весовое по формуле:

$$g_v = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} g_c P_k}{\sum_{i=1}^{i=k} P_k},$$

где $P_k = \frac{1}{m_c^2}$; m_c – ср. кв. ошибка значения из серии

наблюдений;

k - число серий.

Ср. кв. ошибка среднего весового определяется по формуле:

$$M_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=k} (g_c - g_v)^2 P_k}{(K-1) \sum_{i=1}^{i=k} P_k}}.$$

9.2.15. Для получения окончательного результата при наличии данных в среднее весовое значение вводятся поправки за редуцирование измеренного значения к центру марки гравиметрического пункта (когда прибор установлен в стороне от марки) и за изменение глубины грунтовых вод (когда имеется возможность получить сведения об этих изменениях).

9.2.17. Серии наблюдений с ГБЛ проводят до тех пор (не менее 5, но не более 20 серий) пока погрешность среднего весового значения по всем сериям не снизится до 5 мкГал. Если ср. кв. погрешность получается больше допустимой, необходимо выяснить причину этого и выполнить дополнительные измерения.

Обычно при определении пункта выполняется 10-15 серий в зависимости от уровня вибрационных и сейсмических помех на пункте.

9.2.18. Ср. кв. инструментальная погрешность измерения абсолютного значения ускорения силы тяжести с ГБЛ δ_g определяется по формуле:

$$\delta_g = \sqrt{M_g^2 + \omega^2},$$

где M_g – ср. кв. погрешность, полученная по внутренней сходимости результатов из серий наблюдений, мкГал;

ω – постоянная, неучтенная часть ср. кв. погрешности, квадрат которой ≈ 50 мкГал (контроль длины рабочего лазера, влияние остаточного воздуха в баллистической камере и др.).

9.2.19. По окончании измерений аппаратура выключается:

а) Вакуумная система:

- отключить ионизационную часть ВИТ-2;
- закрыть вентиль 1 (см. рис. 3);
- отключить электроплитку и снять ее с диффузионного насоса;
- охладить диффузионный насос до комнатной температуры;
- закрыть вентиль 3;
- прекратить подачу воды;
- выключить форвакуумный насос и снять с него вакуумный шланг.

б) Электронно-счетная система:

- выключить питание блока привода;
- выключить принтер, монитор, ЭВМ;
- через 5 минут выключить источник питания крейта;
- выключить рабочий лазер и стандарт частоты.

9.2.20. Весь процесс измерений на пункте занимает порядка 8-12 часов. Общая продолжительность работ по определению пункта, включая установку, сборку, откачку воздуха из баллистической камеры, упаковку и другие вспомогательные работы составляет около двух суток.

10. ВЫПОЛНЕНИЕ МАЯТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

10.1. Подготовительные работы к наблюдениям на пункте

10.1.1. По прибытии на пункт приборы извлекают из укладочных ящиков и транспортировочных футляров и устанавливают на поверхности монолита (центра), обеспечивая доступ к разъемам, осветителям и вакуумным кранам. В непосредственной близости от приборов размещают пульта управления с фотоэлектронным регистратором (ПФР). Стандарт частоты и аккумуляторы размещают таким образом, чтобы они не мешали наблюдателям при работе.

10.1.2. Маятниковые приборы устанавливают в максимальном удалении от батарей отопительных систем, источников магнитных и электрических полей, вибраций. Недопустимо попадание на приборы прямых солнечных лучей.

10.1.3. Приборы соединяют кабелями в соответствии с маркировкой. Рабочие генераторы устанавливают в ПФР, а ПФР подключают к аккумуляторам.

10.1.4. Термостат маятникового прибора включают за 5 суток до начала работ.

10.1.5. Не менее чем за 5 суток до начала работ в маятниковом приборе устанавливают рабочее давление воздуха; оно должно быть по возможности низким, но таким, чтобы во время наблюдений на всех пунктах рейса его колебания не превышали 0,2 мм. В случае нарушения вакуума в рейсе воздух из прибора откачивают до уровня рабочего давления, а наблюдения проводят сутки спустя.

10.1.6. Устанавливают и поддерживают в помещении пункта необходимую температуру воздуха.

10.1.7. Случайные отключения термостата не должны продолжаться более 10-15 минут. После отключения его на большее время устраняется причина, вызвавшая это отклонение, и наблюдения продолжают сутки спустя после повторного включения. Если перерыв в работе термостата превысил 30 минут, наблюдения с данным прибором в рейсе бракуют.

10.1.8. При измерениях следят, чтобы разность средних значений температуры маятников на всех пунктах данного рейса не превышала $0,25^{\circ}$, а разность значений температуры окружающего воздуха в рейсе не превышала 10° ; вертикальный градиент температуры вблизи маятникового прибора не должен превышать 2 градуса/м.

10.1.9. В начале и конце полевого периода, а также не реже, чем через каждые три месяца, выполняют сравнение частоты кварцевых генераторов с точностью не ниже 1×10^{-9} с эталонной частотой, аттестованной Госстандартом.

10.1.10. При наблюдениях на каждом пункте, включая исходный, определяют 5-7 значений периода среднего маятника каждого прибора. Если данное наблюдение на опорном пункте является заключительным для некоторого рейса и одновременно начальным для следующего рейса, то объем наблюдений удваивается, чтобы каждый из рейсов был независимым.

10.1.11. Промежутки времени между смежными сериями по каждому прибору должны быть не меньше $1 \frac{3}{4}$ часа.

10.2. Выполнение измерений

10.2.1. После установки комплекса (в соответствии с разделом 10.1 данной Инструкции) выключают все тумблеры и переключатели блока питания и ПФР. Устанавливают переключатель "ИТС--Вакуум" в нейтральное положение, а переключатель "Н-А-П" - в положение "П".

Включают тумблер "Сеть" блока питания, при этом должна загореться сигнальная лампа. С этого момента начинается прогрев термостата генератора. Термостаты маятниковых приборов включены заранее, согласно 10.1.4.

В установленном режиме работы термостатов светодиоды "Прибор" и "Генератор", находящиеся на лицевой панели ПФР, а также светодиоды стандарта частоты должны периодически переключаться.

10.2.2. В соответствии с 9.1.5 откачивают из прибора воздух при помощи насоса ВН-ОИ или ЗНВР-1.

10.2.3. Давление воздуха внутри прибора измеряют следующим образом:

- переводят переключатель "ИТС-Вакуум" в положение "Вакуум" ;
- устанавливают стрелку микроамперметра со шкалой "50-0-50" в положение "0", вращая ручку "Вакуум", и берут отсчет по шкале микроамперметра с точностью 0,2 деления;

- переводят переключатель "ИТС-Вакуум" в нейтральное положение.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: запрещается оставлять переключатель "ИТС-Вакуум" в положении "Вакуум" после измерения давления.

10.2.4. Откачку воздуха из маятникового прибора выполняют следующим образом:

- отвинчивают защитные крышки вакуумного крана;

- при помощи гайки с резиновой прокладкой присоединяют вакуумный шланг насоса ВН-0,1 к патрубку маятникового прибора;
- подключают насос к сети переменного тока;
- включают находящийся на насосе тумблер, а затем кнопочный выключатель;
- спустя минуту после начала работы насоса, открывают вакуумный кран;
- периодически измеряют давление внутри маятникового прибора;
- после того как необходимое давление внутри маятникового прибора достигнуто, закрывают вакуумный кран, выключают тумблер, отключают насос от переменного тока, снимают шланг и закрывают защитные крышки.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: а) открывать вакуумный кран разрешается только при работающем насосе и присоединенном вакуумном шланге;
б) запрещено выключать насос при открытом вакуумном кране.

10.2.5. На каждом пункте в начале и конце наблюдений маятников выполняют сравнение частот кварцевых генераторов между собой и с эталонной частотой (если таковая имеется). Сравнения осуществляют в соответствии с 10.1.9 (Приложение 20).

Для каждого генератора необходимо определить разности частот не менее чем с двумя другими генераторами. Рекомендуется в промежутке между сравнениями генераторов с эталонной частотой сохранять первоначально установленную комбинацию пар сравниваемых генераторов.

При сравнении трех и более генераторов между собой относительная разность частот двух генераторов, измеренная непосредственно и полученная с помощью третьего генератора, не должна превышать 2×10^{-3} . В противном случае сравнение повторяют.

10.2.6. Маятники приводят в рабочее положение. Для этой цели включают расположенные на панели ПФР тумблеры в следующей последовательности: "Сеть", "Блокировка" (при этом включается светодиод "Блокировка"), "Освещение", "ФЭУ". Включают электродвигатель, поддерживая кнопку "Пуск мотора" включенной до тех пор, пока не включится светодиод "Блокировка". Далее автоматически происходит разблокировка и дезарретирование маятников, их пуск и выключение электродвигателя. После этого включается светодиод "Пуск".

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: а) во избежание выхода из строя источника высокого напряжения тумблер "ФЭУ" без нагрузки не включать;

б) электродвигатель включается только при нейтральном положении переключателя "ИТС-Вакуум".

10.2.7. Юстируют электрические импульсы с ФЭУ, согласно Приложению 10.

10.2.8. Останавливают, арретируют и блокируют маятники. Для этого включают электродвигатель нажатием кнопки "Пуск мотора" и держат ее в нажатом положении до момента включения светодиода "Остановка маятников". Отпускают кнопку на 20-30 с (в этот момент останавливается 1-й маятник, удерживаемый кисточкой) и нажимают вновь. При этом светодиод "Остановка маятников" выключается и включается снова, сигнализируя о начале остановки 2-го маятника. В этот момент отпускают кнопку на 20-30 с и нажимают вновь, пока не выключится светодиод "Пуск". После этого электродвигатель будет включен, через некоторое время включится светодиод "Блокировка" (маятники заблокированы), и электродвигатель автоматически останавливается. В процессе остановки маятников на экране осциллографа наблюдается увеличение длительности импульса, а потом - его полное исчезновение.

10.2.9. Совмещают световой блик от маятников со средней щелью приемной диафрагмы в момент прохождения бликом равновесного положения. Совмещение осуществляют следующим образом.

10.2.10. Вводят маятниковый прибор в рабочий режим. Пускают маятники. Переключатель рода работ устанавливают в положение "Н". Нажав последовательно кнопки "Сброс" и "Исходное", находящиеся на передней панели ПФР, и отпустив их в той же последовательности, отсчитывают на табло продолжительность одного из интервалов времени между двумя пересечениями световым бликом средней щели приемной диафрагмы, соответствующего движению блика в каком-либо одном направлении. Повторяя эту операцию несколько раз, добиваются, чтобы регистрировалась также продолжительность интервала, соответствующего движению блика в обратном направлении. Разность продолжительности этих интервалов называют "несимметрией". Измерения повторяют несколько раз и вычисляют среднюю величину "несимметрии". Если она превышает 200 импульсов частоты 1000 кГц, то исправляют положение светового блика поворотом исправительного винта компенсатора. Затем измерение повторяют, пока разность не станет меньше 200 импульсов. Останавливают маятники в соответствии с 10.2.8.

10.2.11. Измеряют приближенное значение периода колебаний маятников. Для этого, проверив положение пузырьков цилиндрических уровней маятникового прибора, приводят маятники в рабочее положение. Устанавливают тумблер "Грубо-Точно" в положение "Грубо". Нажимают последовательно кнопки "Сброс" и "Исходное" и отпускают их в той же последовательности. Через 32 колебания маятника (примерно 16 секунд) счет прекращается, и в журнал записывают показания табло ПФР. Останавливают маятники согласно 10.2.8.

10.2.12. Операции по пунктам 10.2.7, 10.2.9, 10.2.11 целесообразно выполнять с одного пуска маятников.

10.3. Измерение периода колебаний среднего маятника прибора

10.3.1. Точное значение периода колебаний маятника, определяемое в соответствии с п. 10.1.10, находят из 2048 колебаний (примерно за 17 минут).

10.3.2. Первое точное измерение периода разрешается проводить не ранее чем через 2 часа после начала регулярной работы термостата кварцевого генератора и не ранее чем через 10 минут после откачки воздуха из прибора.

10.3.3. Измеряют давление воздуха внутри маятникового прибора по п. 10.2.3 и, в случае необходимости, откачивают воздух согласно п.п. 10.2.2 и 10.1.5.

10.3.4. Измеряют температуру внутри маятникового прибора по верхнему и нижнему термометрам (ИТС-В и ИТС-Н). Для этой цели:

- переключатель "ИТС-Вакуум" устанавливают в положение "ИТС-В";
- нажимают кнопку "ИТС" и устанавливают стрелку микроамперметра со шкалой "50-0-50" в положение "0" поворотом реохорда ИТС;
- отпускают кнопку "ИТС";
- берут отсчет по лимбу реохорда ИТС-В;
- переключатель "ИТС-Вакуум" устанавливают в положение "ИТС-Н";
- нажимают кнопку "ИТС" и устанавливают стрелку микроамперметра со шкалой "50-0-50" в положение "0" поворотом реохорда ИТС-Н;
- отпускают кнопку "ИТС";
- берут отсчет по лимбу реохорда ИТС-Н;
- переключатель "ИТС-Вакуум" устанавливают в нейтральное положение.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: а) во избежание нагрева ИТС запрещается держать нажатой кнопку "ИТС" более 5 с;

б) запрещается оставлять переключатель "ИТС-Вакуум" в положение "ИТС", когда не выполняют измерения температуры.

10.3.5. Измеряют давление остаточного газа внутри маятникового прибора согласно п.10.2.3.

10.3.6. Приводят пузырьки цилиндрических уровней прибора на середину.

10.3.7. Измеряют повторно температуру внутри прибора по ИТС-В и ИТС-Н согласно п. 10.3.4.

10.3.8. Приводят маятники в рабочее положение согласно п. 10.2.6.

10.3.9. Измеряют пусковую амплитуду через 10 секунд после пуска маятников. Для этого переключатель работ устанавливают в положение "А", нажимают кнопки "Сброс" и "Исходное" и отпускают их в той же последовательности. На табло ПФР через некоторое время установится величина амплитуды колебаний среднего маятника.

10.3.10. Проверяют и, в случае необходимости, регулируют импульсы с ФЭУ согласно Приложению 10.

10.3.11. Проверяют величину "несимметрии" в соответствии с п.п. 10.2.9 и 10.2.10.

10.3.12. Последовательными измерениями амплитуды определяют момент времени, когда она достигает начальной заданной величины. Выбор этого момента обусловлен необходимостью иметь достаточный промежуток времени для выполнения операций, предусмотренных п.п. 10.3.10, 10.3.11 и 10.3.12, но, вместе с тем, он должен быть минимальным. Для этой цели для данного прибора выбирают соответствующее значение начальной амплитуды, которого в дальнейшем необходимо строго придерживаться. Это значение должно лежать в пределах 25-30°, ее постоянство должно быть не ниже 400 импульсов частоты 1000 кГц (при суммировании 4-х соответствующих промежутков времени). Указанное значение фиксируется в журнале наблюдений.

10.3.13. Измеряют промежуток времени, равный продолжительности 2048 колебаний маятников (целесообразно измерение вести двумя параллельно включенными регистраторами). Для этого:

- устанавливают переключатель рода работ в положение "П";
- через 40 с после окончания измерений начальной амплитуды нажимают последовательно кнопки "Сброс" и "Исходное" и в этой же последовательности отпускают их;
- записывают момент начала измерений;

- измеряют температуру и давление воздуха в помещении, где установлен прибор;

- после прекращения счета (примерно через 17 минут после его начала) записывают показания табло в журнал наблюдений.

10.3.14. Измеряют конечную амплитуду колебаний маятников через 40 секунд после прекращения счета 2048 колебаний.

10.3.15. Измеряют температуру внутри маятникового прибора согласно п. 10.3.4.

10.3.16. Измеряют давление воздуха внутри прибора в соответствии с п.10.2.3.

10.3.17. Останавливают, арретируют и блокируют маятники в соответствии с п. 10.2.8.

10.3.18. Результаты всех измерений регистрируются в журнале установленной формы (Приложение 37).

10.4. Заключительные работы на пункте

10.4.1. Определяют элементы редукций к центру знака (Приложение 37). Составляют абрис и описание пункта (Приложение 8).

10.4.2. Вычисляют средние квадратические погрешности:

- единичного измерения периода колебаний среднего маятника для каждого прибора; она должна быть не более 2×10^{-8} с;

- среднего значения периода среднего маятника для каждого прибора; она должна быть не более 1×10^{-8} с.

Если средние квадратические погрешности получились больше допустимых, необходимо выяснить причину этого и выполнить дополнительные измерения.

10.4.3. Если наблюдается систематическое изменение периодов колебания маятников со скоростью, превышающей 10×10^{-8} с в неделю (что может иметь место после вскрытия приборов), то прибор не допускают к дальнейшей работе.

10.4.4. По завершении рейса определяют соответствие полученных результатов требованиям п.п. 2.2.8, 2.2.12 данной Инструкции. По результатам проведенного сопоставления решают вопрос о необходимости повторных или дополнительных измерений в соответствии с п. 3.6.

11. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ГРАВИМЕТРАМИ ГАГ-2

11.1. Подготовка к работам и общие указания

11.1.1. До начала полевых работ, в соответствии с разделом 6 настоящей Инструкции, подготавливают и оборудуют необходимые транспортные средства: автомобили, самолеты, вертолеты, вездеходы и т.д.

11.1.2. Проверяют работоспособность и производят зарядку аккумуляторных батарей. Рекомендуется применять кислотные аккумуляторы типа I2CT 128, I2AO 30, I2CT 55 и другие.

11.1.3. Заранее выбирают по паспорту гравиметра участки лимба угломерного устройства с минимальными ошибками делений, на которых преимущественно будут браться отсчеты. Желательно при этом, чтобы подписи делений на этих участках не совпадала с подписями для соответствующих участков других гравиметров, применяющихся в данной группе приборов.

11.1.4. Не менее чем за сутки до начала рейса включают подогрев термостатов гравиметров. Температуру термостатирования устанавливают на несколько градусов выше ожидаемой максимальной температуры воздуха в предстоящих рейсах.

В течение полевого сезона термостаты по возможности не выключают.

11.1.5. Не менее чем за 12 часов до начала рейса устанавливают диапазон измерений гравиметров (Приложение 28).

11.1.6. Перед началом наблюдений на исходном пункте каждого рейса гравиметры подвергают перевозке на автомашине или на других соответствующих транспортных средствах в течение 20-30 минут. Рабочие наблюдения начинают немедленно по окончании начальной перевозки (тряске) гравиметров.

11.1.7. В данном рейсе стремятся выдержать примерно одинаковые промежутки времени для переездов между пунктами. Не допускается применение в данном рейсе транспортных средств различного вида.

11.1.8. На всех пунктах одного и того же рейса, включая исходный пункт, наблюдения должен выполнять один и тот же наблюдатель.

11.1.9. Смещение нуля-пункта гравиметра не должно превышать 2 мГал/сутки.

11.1.10. Правила исследования и подробные правила обращения с гравиметром ГАГ-2 изложены в Приложениях 23-29.

11.1.11. В течение одного рейса, включая наблюдения на опорном пункте, запрещено:

- перефокусировать окуляр трубы отсчетного устройства;
- сдвигать шкалу или вращать окуляр отсчетного устройства;
- переключать контактные термометры;
- изменять диапазон измерений гравиметра;
- заменять электролампочку освещения поля зрения окуляра.

11.2. Выполнение измерений

11.2.1. Установку гравиметра на пункте осуществляют следующим образом:

- извлекают гравиметр из транспортировочного ящика;
- выбрав момент, когда отключен внутренний термостат, разъединяют разъем кабеля электропитания гравиметра.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: отключать электропитание гравиметра разрешается не более чем на 2 минуты.

- переносят гравиметр к месту наблюдения (переносят; вдвоем, пользуясь ремнем гравиметра);
- соединяют гравиметр с источником электропитания при помощи соответствующего кабеля;
- проверяют электропитание гравиметра по сигнальной лампочке;
- устанавливают гравиметр на штатив, снимают его футляр, дезарретируют подвижную часть гравиметра;
- приводят пузырек круглого уровня на середину с помощью подъемных винтов гравиметра;
- приводят пузырек продольного цилиндрического уровня на середину, вращая соответствующие подъемные винты гравиметра;
- приводят пузырек поперечного цилиндрического уровня на середину, вращая дифференциальный микрометрический винт;
- включают освещение гравиметра.

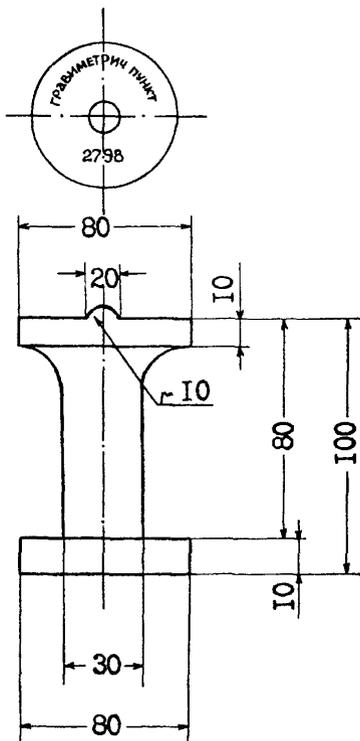
11.2.2. В случае остановки транспортного средства на расстоянии больше чем 25 м от пункта рекомендуется применение выносного источника электропитания. Если для переноски гравиметра до пункта

ПРИЛОЖЕНИЯ

- ◆ - Пункт эталонного гравиметрического полигона (квадрат со сторонами по 3,0 мм, толщина линий-0,3 мм).
- ⊗ - Гравиметрический пункт геодинимического полигона (окружность диаметром 3,0 мм, толщина линий - 0,3 мм).
- - Гравиметрический пункт I класса, определенный в эпоху 1965-1970 гг. (окружность диаметром 3,0 мм, толщина линий - 0,3 мм).
- - Гравиметрические связи, выполненные с помощью маятниковых приборов (толщина линий 0,5 мм).
- - Гравиметрические связи, выполненные с помощью гравиметров (толщина линий 0,5 мм).

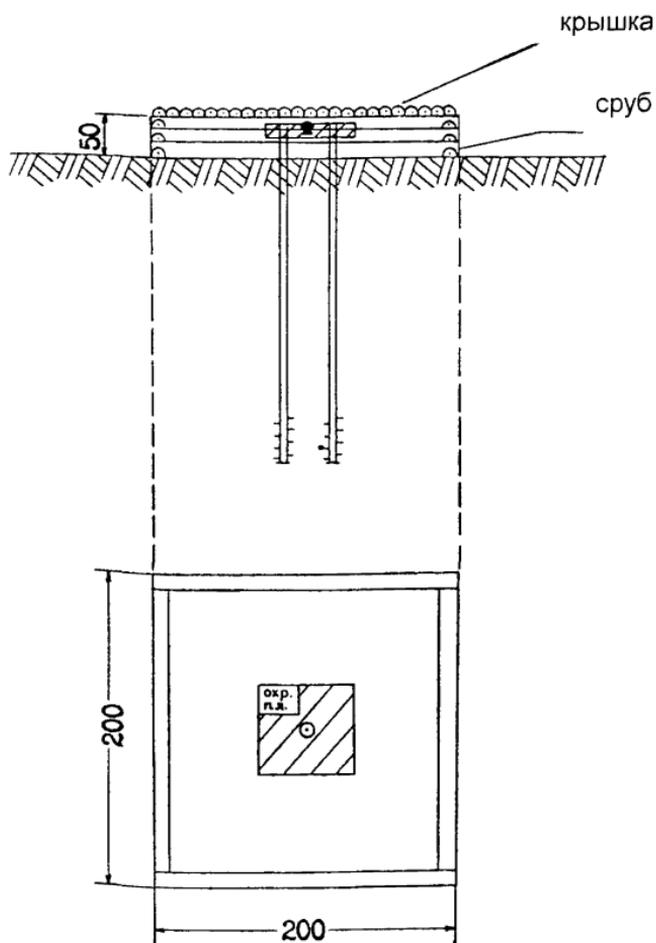
Примечание: Все условные обозначения вычерчиваются черным цветом, кроме обозначения, относящегося к связям, выполняемым при помощи гравиметров и вычерчиваемым зеленым цветом.

Приложение 4.3. марка, закладываемая в центр гравиметрического пункта



Размеры даны в мм

Приложение 4.7. Внешнее оформление гравиметрического пункта в районе многолетней мерзлоты (лесные районы)



Размеры даны в см

Приложение 5. Охранная плита гравиметрического пункта



Толщина плиты 5 мм

Размеры даны в мм

Приложение 6. Переносная плита для установки маятниковой аппаратуры

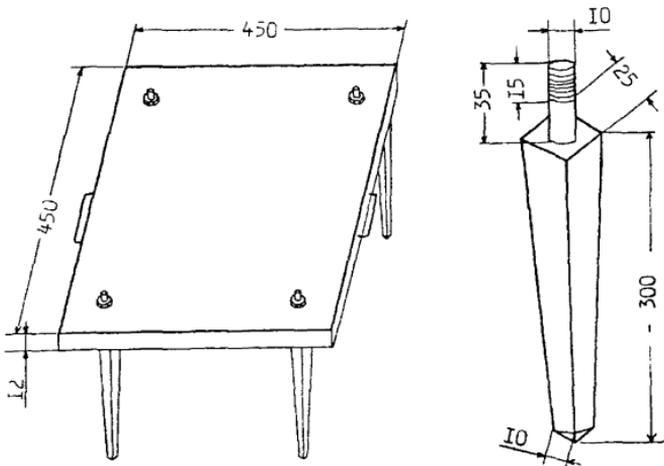
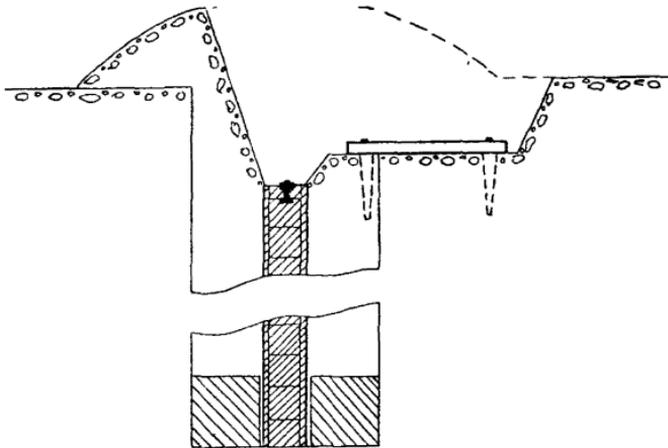
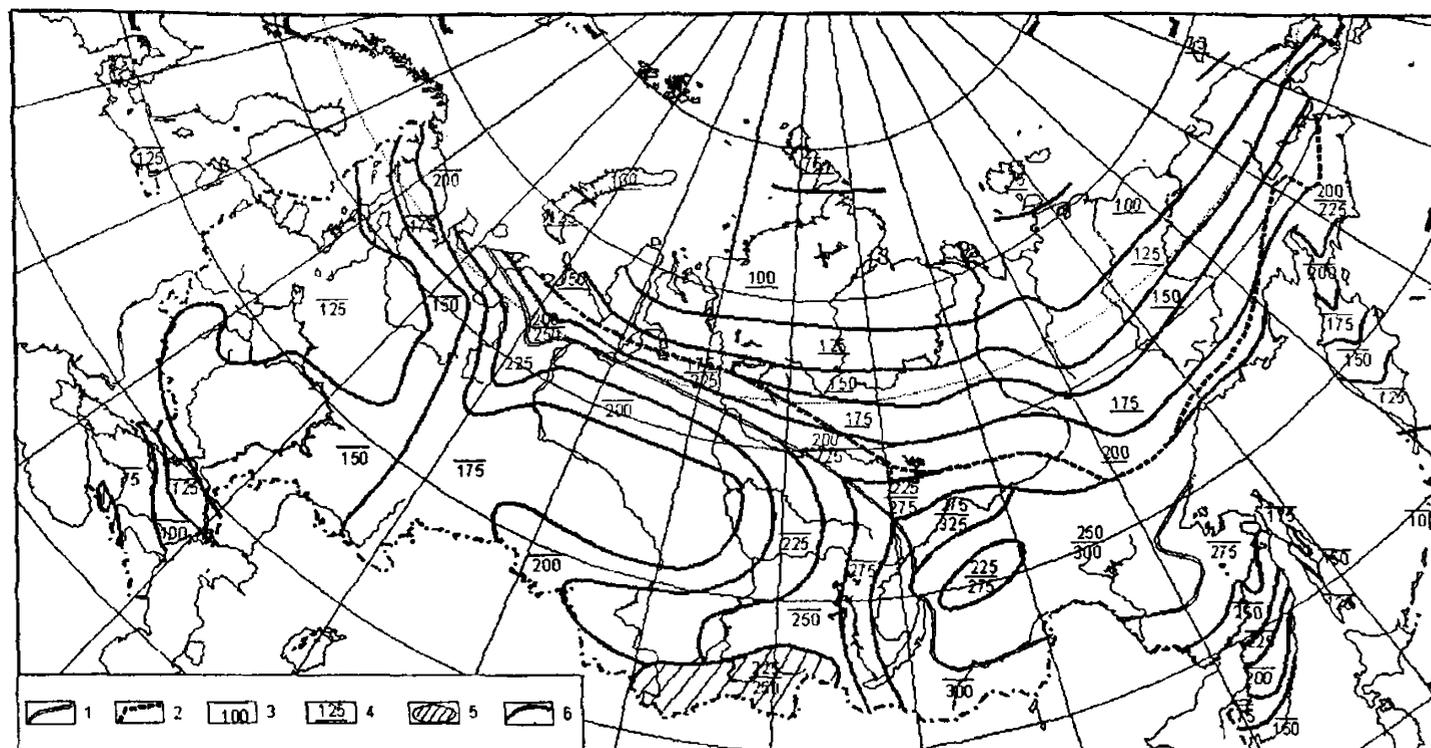


Схема установки переносной плиты



Размеры даны в мм

Приложение 7. Схема промерзания и протаивания грунтов для определения глубины закладки центров и реперов



1 – южная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты; 2 – северная граница зоны прерывистого распространения многолетней мерзлоты и южная граница области применения знаков, закладываемых в узкие скважины протаиванием или бурением; 3 – глубина промерзания грунта, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 4 – глубина протаивания грунтов, принимаемая при расчете глубины закладки знаков, см; 5 – высокогорные области с преимущественно каменистыми породами и прерывистым распространением многолетнемерзлых грунтов; 6 – изолинии равных глубин промерзания (протаивания).

Приложение 8. Паспорт гравиметрического пункта
и пунктов-спутников

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ
РОССИИ

Предприятие №

Экспедиция №

ПАСПОРТ

гравиметрического пункта _____

и пунктов-спутников _____

Рекогносцировку пунктов выполнил в 20 г. _____

Центры построил в 20 г. _____

Гравиметрические наблюдения

выполнены

уравнены

20 г.

в 20 г.

20 г.

в 20 г.

Гравиметрический пункт (название, номер марки).....
 Номенклатура трапеции М 1:100 000
 Широта..... Долгота..... Высота

АДРЕС:

Республика, область (край), город, район.....
 Почтовый индекс..... улица дом
 Наименование организации.....
 Руководитель организации № телефона

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПУНКТА

Здание (тип, этажность)
 Помещение пункта (первый этаж, полуподвал, подвал)
 Размеры помещения
 Способ отопления и вентиляции
 Влажность
 Наличие электросети, напряжение
 Характеристика пола (бетонный, асфальтовый, деревянный)
 Удаленность: от промышленных объектов.....
 автомобильных (железных) дорог, метро, улиц
 Наличие механизмов, создающих вибрационные помехи или магнитные поля.....
 Уровень грунтовых вод и гидрогеологические условия.....

 По данным какой организации.....
 Грунт.....
 Глубина промерзания или протаивания.....
 Тип и размер центра.....
 Глубина закладки.....
 Объем работ по закладке центра..... дата.....
 Кто выполнил закладку.....
 Высота над уровнем пола.....
 Изолирован ли пол от центра.....
 Контрольный нивелирный репер (место нахождения), №.....
 Рекогносцировку выполнил.....(должность, ф.и.о.).....
 Пункт сдан на хранение по акту

АБРИС ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО ПУНКТА И КОНТРОЛЬНОГО РЕПЕРА

ПЛАН ПОМЕЩЕНИЯ ПУНКТА

Описание местоположения гравиметрического пункта
и контрольного репера

ЧЕРТЕЖИ ЦЕНТРА И КОНТРОЛЬНОГО НИВЕЛИРНОГО
РЕПЕРА

Дополнительные сведения о центре пункта и контрольном репере (время закладки, особенности конструкции, его оформления, время постройки здания, в какое время помещение может оказаться занятым и т.д.)

ИЗМЕНЕНИЯ ДАННЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО ПУНКТА И
КОНТРОЛЬНОГО РЕПЕРА

Дата изменения	Источник	Сущность изменения

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫСОТНЫХ ПРИВЯЗОК
ПУНКТА-СПУТНИКА _____

Дата			
Н _{грав. центра}			
По отношению к реперу №			
По отношению к реперу №			

С Х Е М А

РАЗМЕЩЕНИЯ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО ПУНКТА

ЕГО ПУНКТОВ-СПУТНИКОВ И НИВЕЛИРНЫХ РЕПЕРОВ
В РАЙОНЕ _____

КОНТРОЛЬ И ПРИЕМКА РЕЗУЛЬТАТОВ РЕКОГНОСЦИРОВКИ И
ЗАКЛАДКИ ЦЕНТРОВ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО ПУНКТА И
ПУНКТОВ-СПУТНИКОВ

Качество закладки центров и нивелирных знаков проверил

(должность, Ф.И.О., подпись, дата)

Начальник партии _____

Главный инженер экспедиции № _____

Ж У Р Н А Л

ОБСЛЕДОВАНИЯ НИВЕЛИРНЫХ РЕПЕРОВ ДЛЯ ВЫСОТНОЙ ПРИВЯЗКИ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ПУНКТОВ И ПУНКТОВ-СПУТНИКОВ

Названия пункта и пункта-спутника, которые привязываются к данному реперу

Тип нивелирного знака _____

Рефер № _____

Класс _____

Высота над поверхностью земли _____

Сведения о состоянии нивелирного знака _____

Абрис нивелирного знака

Схема нивелирной связи с

основным пунктом
Длина хода

пунктом-спутником
Длина хода

Обследование и рекогносцировка нивелирных знаков
выполнена « »20.....г.

Рекогносцировщик _____
(должность, Ф.И.О., подпись)

8. Устанавливают сосуд Дьюара, повышают в термокамере температуру до $+20 \pm 2^\circ\text{C}$ и выдерживают маятниковый прибор в течение 10 часов.
9. Измеряют 5 раз период колебания маятника.
10. Заменяют контактный термометр в термостате маятникового прибора на другой, отличающийся по температуре контактирования на $2 \div 5^\circ\text{C}$.
11. Выдерживают маятниковый прибор при температуре $+20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 10 часов.
12. Измеряют 5 раз период колебания маятника.
13. Снимают сосуд Дьюара и выдерживают маятниковый прибор в течение 10 часов при температуре $+15 \pm 2^\circ\text{C}$.
14. Измеряют 5 раз период колебания маятника.
15. Устанавливают в термокамере температуру $+30 \pm 2^\circ\text{C}$ и выдерживают маятниковый прибор в течение 10 часов.
16. Измеряют 5 раз период колебания маятника.
17. Снимают контактный термометр, на его место устанавливают ранее снятый термометр ($+35^\circ\text{C}$) и устанавливают сосуд Дьюара.
18. Выдерживают маятниковый прибор при температуре $+20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 10 часов.
19. Измеряют 5 раз период колебания маятника.

По материалам измерений составляют систему уравнений погрешностей вида

$\alpha_v t_v + \alpha_n t_n + S_0 - S = V$ и решают ее по способу наименьших квадратов относительно неизвестных α_v , α_n , S_0 .

Температурные коэффициенты маятников определяют один раз в пять лет.

Пример вычисления температурных коэффициентов приведен в прилагаемой таблице 15.1. Периоды S и отсчеты t_v и t_n , приведенные в таблице, получены как среднее из пяти наблюденных значений.

Приложение 17. Проверка постоянства пусковых амплитуд маятников

Маятниковый прибор вводят в рабочий режим, пускают маятники и определяют амплитуду среднего маятника через 10 с после пуска. Эту амплитуду называют пусковой. Затем маятники арретируют, пускают и снова измеряют пусковую амплитуду. Выполняют не менее 10 измерений амплитуды. Расхождение пусковых амплитуд, выраженных в числе импульсов, не должно превышать 500 (сумма четырех амплитуд).

Если расхождение амплитуд превышает допустимую величину, то прибор юстируют в лабораторных условиях квалифицированные специалисты.

Приложение 18. Определение разности периодов колебаний маятников в паре

Периоды колебаний двух маятников данного прибора должны быть равны. Допускается их разность не более $100 \cdot 10^{-8}$ с. Разность периодов колебаний действительных маятников определяют как удвоенную разность периодов колебаний среднего и одного из маятников.

Измерения выполняют в следующем порядке.

1. Вводят маятниковый прибор в рабочий режим не менее чем за 5 суток до начала определений.

2. Измеряют 3 раза период колебания маятника.

3. Измеряют период колебания одиночного маятника. Для этого после пуска маятников один останавливают и оставляют свободным, а второй продолжает качаться. Измеряют период маятника, который в данном случае равен периоду колебания второго маятника.

4. Операцию по п.3 выполняют трижды.

5. Вычисляют разность периодов среднего и второго маятников. Удвоенная величина этой разности, равная разности периодов действительных маятников, не должна быть более $100 \cdot 10^{-8}$ с. В противном случае периоды уравнивают в лаборатории или на заводе-изготовителе. Это выполняют высококвалифицированные специалисты.

а - при совмещении штрихов А и $(A + 180^\circ)$;

в - при совмещении штрихов $(A - 10')$ и $(A + 180^\circ)$;

с - при совмещении штрихов А и $(A + 180^\circ - 10')$, где $10'$ – величина наименьшего деления лимба.

Рены верхнего и нижнего изображений в секундах будут соответственно равны

$$r_a = \frac{\sum(a - e)}{n},$$

$$r_n = \frac{\sum(a - c)}{n},$$

где $n = 16$.

Величины $r = (r_a + r_n)/2$ и $\Delta r = r_a - r_n$ не должны превышать $0,5''$.

Если величина рена превышает указанные допуски, то в результате измерений вводится поправка $\Delta r = \frac{2r}{300''} \cdot n''$.

Где n'' - отсчет по микрометру в секундах. При значительных величинах Δr и r оптическая система угломерного устройства должна быть отъюстирована оптиком-механиком на заводе-изготовителе.

Порядок записи и вычислений представлен в табл. 24.3.

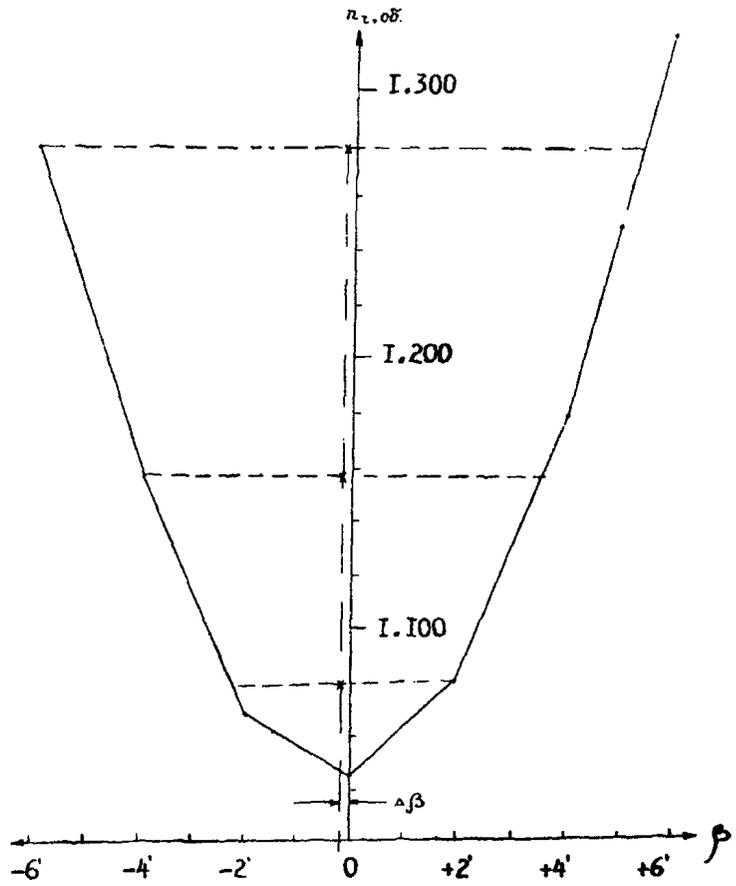


Рис. 10 График зависимости отсчетов гравиметра от углов наклона в плоскости оси вращения маятника

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 микрометричного 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

$$g^f = K n.$$

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.

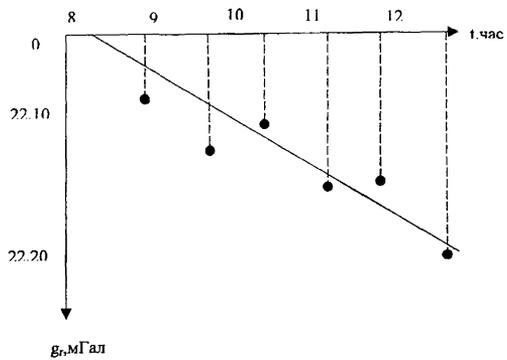


Рис.. 14 График смещения нуля-пункта гравиметра ГНУ-К

Приложение 37. Формы журналы наблюдений

*Приложение 37.1. Журнал наблюдений с маятниковым прибором
«Агат»*

Федеральная служба геодезии и картографии России

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

Журнал № 1
Наблюдений с маятниковым комплексом «Агат» № 5

Начат 1.05.2000 г.
Окончен 4.12.2000 г.

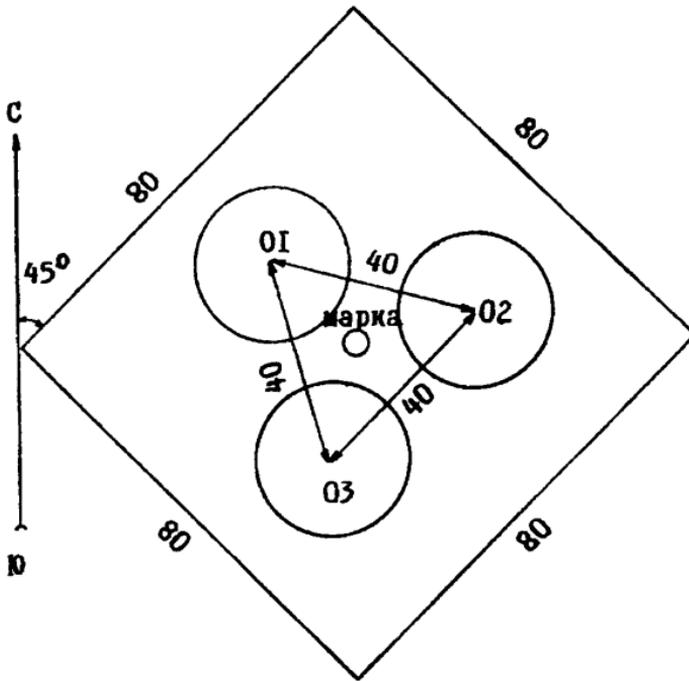
Место и дата выполнения последних исследований " "1999 г.

Начальник партии
Наблюдатели

Колесников М.А.
Иванов И.И.

Нашедшего журнал просят вернуть по адресу:

Схема установки комплекса «Агат» при наблюдении на пункте
15 - 17 мая 2000 г.



Расстояния даны в см

01,02,03 – номера приборов.

Высота эффективной точки приборов над постаментом
равна 12 см.

Составил:

Приложение 37.2. Журнал наблюдений с гравиметром ГАГ-2

Федеральная служба геодезии и картографии России

Год исполнения работ 2000

Предприятие МАГП

Экспедиция № 123

Партия № 2

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.

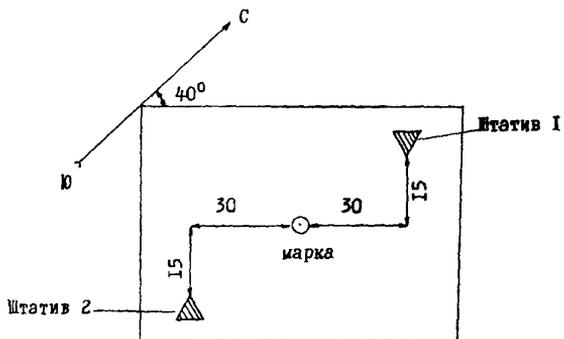
Щеглов С.Н.

Нашедшего журнал просят вернуть по адресу

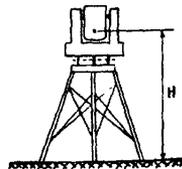
Схема установки гравиметров ГАГ-2 на пункте наблюдений

Составил:

Дата наблюдений:



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



Размеры даны в см

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 1.07.2000 г.

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

Приложение 38.5 Схема полигонов

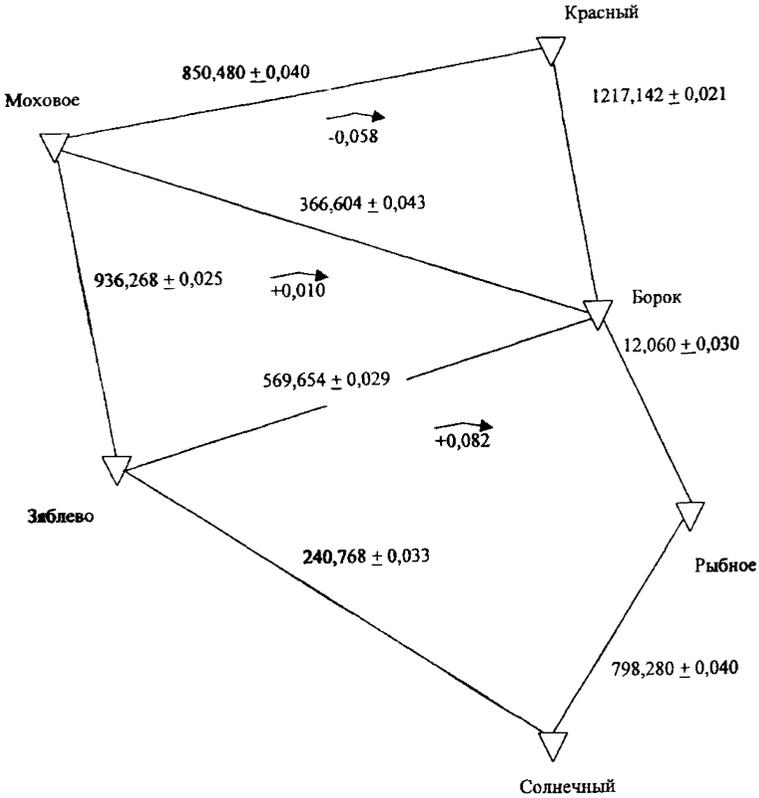


Схема гравиметрических полигонов

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^r (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		

$\Delta g_{CP} = +218,562$

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 38.10. Оценка точности уравненных 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 уравненных значений силы тяжести, необходимо учесть погрешности исходных пунктов.

Для этой цели используют:

обратную матрицу Q_{11} системы нормальных уравнений, полученную при совместном уравнивании сети основных пунктов I класса и ГФГС (представляет ЦНИИГАиК);

- обратную матрицу Q_2 системы нормальных уравнений, полученную при уравнивании результатов измерений на пунктах I класса путем "вставки";

- корреляционную матрицу $Q_{22} = Q_2 + Q_{202}$, позволяющую оценить точность пунктов I класса с учетом погрешностей исходных пунктов; первое слагаемое Q_2 характеризует точность пунктов I класса относительно исходных пунктов, а второе Q_{202} учитывает погрешности исходных пунктов;

- матрицу Q_{21} , необходимую для вычисления ср.кв. погрешностей уравненных значений разностей силы тяжести Δg , между пунктами I класса и жесткими пунктами;

- ошибку единицы веса μ_1 , полученную при совместном уравнивании сети основных пунктов I класса и ГФГС ($\mu_1 = \pm 0.03$ мГал);

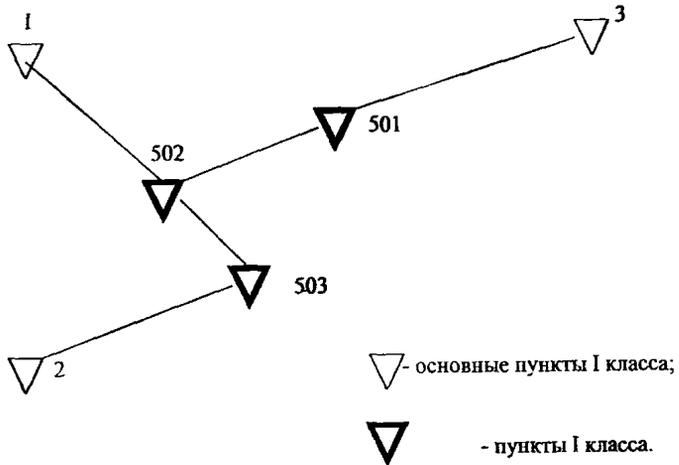
- ошибку единицы веса μ_2 , полученную при уравнивании результатов измерений на пунктах I класса методом "вставки".

Для получения матрицы Q_{202} используют матрицу $(A_2' P_2 A_{21})$, 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 Q_{21} получают в ходе вычисления матрицы Q_{202}

$$Q_{21} = Q_2 (A_2' P_2 A_{21}) Q_{11}$$



Имеем матрицы:

$Q_{11} =$

	1	2	3
1	0.538	0.129	0.026
2	0.129	0.298	0.026
3	0.026	0.026	0.027

$Q_2 =$

	1	2	3
501	0.538	0.129	0.026
502	0.129	0.298	0.026
503	0.026	0.026	0.027

Матрица Q_{11} соответствует ср. кв. погрешности m_g исходных пунктов 1, 2, 3:

$$m_{g1} = \mu_1 \sqrt{q_{11}} = 0.03 \sqrt{0.538} = 0.022 \text{ мГал};$$

$$m_{g_{502-1}} = \sqrt{0.04^2 \cdot 0.500 + 0.03^2 \cdot (0.538 + 0.194 - 2 \cdot 0.307)} = 0.030 \text{ мГал,}$$

$$m_{g_{503-2}} = \sqrt{0.04^2 \cdot 0.625 + 0.03^2 \cdot (0.298 + 0.196 - 2 \cdot 0.221)} = 0.032 \text{ мГал.}$$

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

Приложение 38.11. Обработка результатов сравнений частоты 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 установленного 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 пусаках маятников. Для маятниковых приборов "Агат" величина сокачания в этом случае близка к $+100 \cdot 10^{-7}$ с.

При установке маятниковых приборов на переносной плите величину сокачания следует определять для каждого маятникового прибора. Целесообразно это делать при юстировочном пуске и после первого определения периода колебания маятника на пункте.

В приложении 38.13 приведен образец записи результатов измерений и вычисления величины сокачания.

Маятниковый прибор № 24

Регистрирующий прибор № 24

Дата время набл.	Темпе- тура	Давление		Влажн.		Показания электронных пересчётных устройств															Сколько чис 10^{-3}										
		В	t	сух.	вл.	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384		32768	65536	131072	262144	524288	1048576	S с			
						16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384	32768	65536	131072	262144		524288	1048576								
						Пункт «Релер 237» маятниковый прибор установлен на переносной плите																									
					$n=160$																										
20.09.85					маятник																								04824188		
930					поджат																								4162		
					маятник																								04824175	$q=1246$	
					свободен																								04823926		
																													3932		
																													04823929		
1150					маятник																								04824159		
					поджат																								4177		
					маятник																								04824168	$q=1236$	
					свободен																								04823934		
																													3930		
																													04823932		
																															$аср=1241$
																													138 · 10 ⁻³		

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	1,070 м
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 приг. 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 постаumenta и его ошибка 344.8+3.7

Ср. весовое значение g на пов. постаumenta и его ошибка 339.2+3.4

**Приложение 38.15 Характеристики пиков излучения
йодного лазера**

Пики	f мГц	λ
j	473 612 193,235	0,6329914269
i	473 612 214,8	0,6329913981
h	473 612 236,739	0,6329913688
g	473 612 340,494	0,6329912301
f	473 612 353,692	0,6329912125
e	473 612 367,055	0,6329911946
d	473 612 379,916	0,6329911774
c	473 612 497,806	0,6329910199
b	473 612 505,900	0,6329910090
a	473 612 514,731	0,6329909972

213
СО Д Е Р Ж А Н И Е

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ	3
2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ к ГФГС и ГГС-1	5
2.1. Государственная фундаментальная гравиметрическая сеть	5
2.2. Государственная гравиметрическая сеть I класса	8
3. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА РАЗВИТИЕ ВЫСОКОТОЧНОЙ ГРАВИМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ	13
4. РЕКОГНОСЦИРОВКА И ОБСЛЕДОВАНИЕ ПУНКТОВ	15
5. ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ПУНКТОВ	21
5.1. Центры гравиметрических пунктов	21
5.2. Контрольные реперы	24
5.3. Внешнее оформление пунктов ГГС-1	24
5.4. Антикоррозийная защита	25
5.5. Обеспечение сохранности знаков	26
5.6. Документация результатов закладки гравиметрических пунктов	26
6. ПРИМЕНЯЕМАЯ АППАРАТУРА И ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С НЕЙ	27
7. ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТУРЫ	30
7.1. Общие замечания	30
7.2. Исследование баллистического гравиметра ГБЛ	30
7.2.1. Краткие сведения о баллистическом гравиметре ГБЛ	30
7.2.2. Методика проверки ГБЛ	32
7.3. Методика поверки маятникового комплекса "Агат"	35
7.4. Методика поверки гравиметра ГАГ-2	37
7.5. Методика поверки гравиметров типа ГНУ-К	39
7.6. Исследование барометров - анероидов	40
8. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ НА ПУНКТАХ	40

9. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С БАЛЛИСТИЧЕСКИМ ГРАВИМЕТРОМ ГБЛ	42
9.1. Установка аппаратуры и подготовка ее к измерениям	42
9.2. Порядок работы при измерении ускорения силы тяжести	49
10. ВЫПОЛНЕНИЕ МАЯТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	55
10.1. Подготовительные работы к наблюдениям на пункте	55
10.2. Выполнение измерений	56
11. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ГРАВИМЕТРАМИ ГАГ-2	62
11.1. Подготовка к работам и общие указания	62
11.2. Выполнение измерений	63
12. ВЫПОЛНЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ГРАВИМЕТРАМИ ТИПА ГНУ-К	66
12.1. Подготовка к работам и выполнение измерений	66
13. ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ. ПЕРЕЧЕНЬ ПОЛЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОДЛЕЖАЩИХ СДАЧЕ	69
14. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ И ОЦЕНКА ИХ ТОЧНОСТИ	70
14.1. Общие указания	70
14.2. Основные формулы для обработки результатов измерений с баллистическим гравиметром ГБЛ	70
14.3. Основные формулы для обработки результатов маятниковых измерений	76
14.4. Основные формулы для обработки результатов гравиметровых измерений	82
15. РЕДУКЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ К ЦЕНТРАМ МАРОК НА ПУНКТАХ I КЛАССА	86
16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАДИЕНТОВ УСКОРЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ С ПОМОЩЬЮ СТАТИЧЕСКИХ ГРАВИМЕТРОВ	87
17. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ, ОСВЕЩАЕМЫЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ ОТЧЕТАХ	90
Приложение 1. Построение высокоточной государственной гравиметрической сети	92

Приложение 1.1. Фрагмент схемы построения сети основных гравиметрических пунктов I класса	92
Приложение 1.2. Построение маятниковых связей	93
Приложение 1.3. Построение гравиметровых рейсов	94
Приложение 2. Типовые схемы определения гравиметрических пунктов I класса	95
Приложение 3. Условные обозначения, применяемые при оформлении гравиметрических материалов	96
Приложение 4. Типы гравиметрических центров	98
Приложение 4.1. Центр гравиметрического пункта вне помещения	98
Приложение 4.2. Центр гравиметрического пункта в помещении	99
Приложение 4.3. Марка, закладываемая в центр гравиметрического пункта	100
Приложение 4.4. Центр гравиметрического пункта, устанавливаемый на скальных грунтах	101
Приложение 4.5. Центр гравиметрического пункта в районе многолетней мерзлоты	102
Приложение 4.5а. Центр гравиметрического пункта в районе многолетней мерзлоты	103
Приложение 4.6. Центр гравиметрического пункта, устанавливаемый в помещении в районе многолетней мерзлоты	104
Приложение 4.7. Внешнее оформление гравиметрического пункта в районе многолетней мерзлоты (лесные районы)	105
Приложение 5. Охранная плита гравиметрического пункта	106
Приложение 6. Переносная плита для установки маятниковой аппаратуры	107
Приложение 7. Схема промерзания и протаивания грунтов для определения глубины закладки центров и реперов	108
Приложение 8. Паспорт гравиметрического пункта и пунктов-спутников	109
Приложение 9. Схема соединений ГБЛ-П	116

Приложение 10. Юстировка осветителя и проверки импульсов с ФЭУ	117
Приложение 11. Проверка работы фотозлектронного регистратора	118
Приложение 12. Проверка параллельности осей цилиндрических уровней плоскости вспомогательной агатовой площадки	118
Приложение 13. Определение коэффициента термостатирования маятникового прибора	119
Приложение 14. Определение скорости изменения давления остаточного газа внутри маятникового прибора	120
Приложение 15. Определение температурных коэффициентов среднего маятника прибора	121
Приложение 16. Определение барометрического коэффициента маятников	124
Приложение 17. Проверка постоянства пусковых амплитуд маятников	126
Приложение 18. Определение разности периодов колебаний маятников в паре	126
Приложение 19. Определение влияния температурного последствия на маятники	127
Приложение 20. Исследование стабильности частоты кварцевых генераторов	128
Приложение 21. Проверка работы аппаратуры при питании ее от аккумуляторов	130
Приложение 22. Выполнение контрольного рейса	130
Приложение 23. Осмотр и предварительные проверки гравиметра ГАГ-2	130
Приложение 24. Исследование оптического микрометра	132
Приложение 25. Геометрические проверки и юстировки гравиметра ГАГ-2	138
Приложение 26. Исследование термостатов гравиметра ГАГ-2	146
Приложение 27. Определение барометрических коэффициентов гравиметров ГАГ-2 и ГНУ-К	147

Приложение 28. Определение диапазона возможных измерений гравиметром	149
Приложение 29. Установка диапазона измерений для гравиметра ГАГ-2	152
Приложение 30. Осмотр и проверки гравиметра ГНУ-К	153
Приложение 31. Определение чувствительности упругой системы гравиметра ГНУ-К	155
Приложение 32. Определение времени становления отсчета для гравиметра ГНУ-К	156
Приложение 33. Определение смещения нуля-пункта гравиметра	158
Приложение 34. Определение цены деления гравиметра ГНУ-К методом наклона на установке УЭГП	159
Приложение 35. Определение цены деления гравиметра ГНУ-К на узкодиапазонном гравиметрическом эталонном полигоне	175
Приложение 36. Определение средней квадратической погрешности единичного измерения разности значений ускорения силы тяжести по лабораторным исследованиям	178
Приложение 37. Формы журналов наблюдений	182
Приложение 37.1. Журнал наблюдений с маятниковым прибором "Агат"	182
Приложение 37.2. Журнал наблюдений с гравиметром ГАГ-2	186
Приложение 37.3. Журнал наблюдений с гравиметром ГНУ-К	189
Приложение 38. Обработка результатов измерений	192
Приложение 38.1. Поправки за амплитуду	192
Приложение 38.2. Журнал вычисления исправленных периодов колебаний маятников, полученных с маятниковым комплексом "Агат"	194
Приложение 38.3. Вычисление разности ускорения силы тяжести между пунктами по измерениям с маятниковым комплексом "Агат"	193
Приложение 38.4. Сводка результатов измерений, полученных с комплексом "Агат"	196
Приложение 38.5. Схема полигонов	197

Приложение 38.6. Вычисление разности ускорения силы тяжести между пунктами А и Б (гравиметр ГАГ-2)	198
Приложение 38.7. Поправки Хонкасало	198
Приложение 38.8. Значения критерия Смирнова	199
Приложение 38.9. F критерий	201
Приложение 38.10. Оценка точности уравненных значений силы тяжести на пунктах I класса с учетом погрешностей исходных пунктов	202
Приложение 38.11. Обработка результатов сравнений частоты кварцевых генераторов	207
Приложение 38.12. Определение сокачания штатива маятниковых приборов комплекса "Агат"	208
Приложение 38.13. Определение сокачания маятникового штатива (образец записи и вычислений)	209
Приложение 38.14. Образец записи результатов измерений с ГБЛ	211
Приложение 38.15. Характеристики пиков излучения йодного лазера	212

Подписано в печать
14.05.04
Формат 60х90/16
Бумага типографская
Печать офсетная
Усл. печ. л. 13,75
Усл. кр. отт. 13,88
Уч. изд. л. 13,20

Тираж 400
Заказ 7-04

ЦНИИГАиК
125413, Москва,
Онежская ул., 26