

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

А. Н. Пронин

«05» июля 2024 г.

М.п.

Генерального директора
П. Кривцов
Постановление № 54/2021
от 24.12.2021



Государственная система обеспечения единства измерений

ГРАВИМЕТРЫ ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ СИЛОМЕР

Методика поверки

МП 253-0016-2024

И.о. руководителя НИО эталонов в областях
измерений параметров движения,
крутящего момента силы и гравиметрии

А. А. Морсин

Заместитель руководителя НИО эталонов
в областях измерений параметров
движения, крутящего момента силы и

гравиметрии

Д. Б. Пухов

г. Санкт - Петербург

2024 г.

Оглавление

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2.ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	4
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	4
6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	6
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	6
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ.....	6
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	7
11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	11

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на гравиметры относительные Силомер (далее по тексту – гравиметры), изготовленные АО «РПЗ», и устанавливает объем и порядок проведения поверки.

1.2 В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведённые в таблице 1.

Таблица 1-Характеристики, проверяемые при проведении поверки

Диапазон измерений приращений ускорения свободного падения, Гал	
-диапазон 1	± 4
-диапазон 2	$\pm 0,4$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений приращений ускорения свободного падения, мГал ¹	$\pm 1,0$
Дрейф за 24 часа, мГал, не более	1
¹ - Значение регламентируется при следующих условиях измерений: - время осреднения 100 с в интервале времени между опорными измерениями не более 7 ч	

1.3 При определении метрологических характеристик гравиметров в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость к государственному первичному специальному эталону единицы ускорения в области гравиметрии ГЭТ 190-2023 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений ускорения свободного падения, утверждённой приказом Росстандарта от 15.12.2021 № 2886.

1.4 При определении метрологических характеристик поверяемого средства измерений используется метод непосредственного сравнения результата измерений поверяемого средства измерений со значениями, определёнными эталонами.

1.5 Методикой поверки не предусмотрена возможность проведения поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений.

Методикой поверки предусмотрена возможность проведения поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений.

1.6 Перед началом работы необходимо ознакомиться с настоящей методикой, эксплуатационной документацией на измерители, техническим описанием средства измерений и оборудования, используемых при проведении поверки.

1.7 В методике поверки приняты следующие сокращения:

- МП – методика поверки;
- ЭД – эксплуатационная документация.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции при проведении поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операции при поверке		Номер пункта МП
	Первичной	Периодической	
Внешний осмотр, проверка комплектности и маркировки.	да	да	7
Опробование	да	да	8.2
Подтверждение соответствия программного обеспечения	да	да	9
Определение метрологических характеристик. Подтверждение соответствия метрологическим требованиям	да	да	10

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны быть выполнены условия:

- температура воздуха, °C 20 ± 5
- относительная влажность воздуха, % от 10 до 80

3.2 При подготовке к поверке, средства поверки и вспомогательное оборудование должны быть подготовлены в соответствии с указаниями эксплуатационной документации.

3.3 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка наличия поверочного оборудования и вспомогательных устройств (приспособлений), перечисленных в таблице 3;
- проверка наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке используемых средств измерений и действующих аттестатов для эталонов;
- подготовка измерителя, средств измерений и вспомогательных устройств, входящих в состав поверочного оборудования, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 К проведению поверки могут быть допущены лица, прошедшие обучение по теме «Поверка средств измерений» и имеющие практический опыт проведения измерений в данной области.

4.2 Поверители обязаны иметь профессиональную подготовку, а также обязаны знать требования руководства по эксплуатации ИДТЛ.461529.005-01 РЭ и требования настоящей методики.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки должны применяться эталоны и средства измерений, указанные в таблице 3, имеющие действующие аттестаты и свидетельства о поверке с неистекшим сроком действия.

Таблица 3 – Перечень средств измерений

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки
п. 8 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °С Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 10 до 90 %	Средства измерений температуры и относительной влажности воздуха термогигрометры электронные «CENTER». Регистрационный номер в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 22129-09
п.10 Определение метрологических характеристик	Эталоны единицы ускорения по ГПС для средств измерений ускорения свободного падения в диапазоне измерений приращения от 0 до $6 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$	Эталоны единицы ускорения 1-ого разряда. Диапазон приращений Δg от 0 до $6 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}^2$ (от 0 до 6000 мГал), пределы допускаемых абсолютных погрешностей δ не более $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ м/с}^2$ (15 мкГал). Регистрационный номер в федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений 77100-19.
	Эталоны единицы ускорения по ГПС для средств измерений линейного ускорения в диапазоне измерений от $1 \cdot 10^{-3}$ до 10 м/с^2	Эталоны единицы линейного ускорения 1-ого разряда. Диапазон измерений от $1 \cdot 10^{-3}$ до 10 м/с^2 , пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,01\%$ 3.1.ZZB.0037.2015 3.1.ZZB.0077.2015
Примечание - Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

Таблица 4 – Перечень вспомогательного оборудования

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
п.10 Определение метрологических характеристик	Поворотная установка, обеспечивающая наклон платформы в диапазоне от 0 до 10° с дискретностью не более 10'

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверочных работ необходимо соблюдать требования по обеспечению безопасности на рабочих местах по ГОСТ 12.2.061-81, а также все требования, указанные в ЭД на измерители и нормативные документы на средства поверки.

6.2 Средства поверки, а также вспомогательное оборудование, которые подлежат заземлению, должны быть надёжно заземлены.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- отсутствие видимых внешних повреждений гравиметра, влияющих на его эксплуатационные характеристики и внешний вид.

7.2 Проверка комплектности и маркировки выполняется визуально. Гравиметр, подлежащий поверке, должен быть полностью укомплектован, иметь чёткую маркировку и комплект ЭД.

Гравиметр относительный Силомер считается прошедшим поверку по пункту 7, если его комплектность и маркировка соответствуют требованиям ЭД.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка наличия поверочного оборудования и вспомогательных устройств (приспособлений), перечисленных в п.5;
- проверка наличия действующих свидетельств (отметок) о поверке используемых средств измерений;
- проверка соблюдения требований п.3;
- проверка наличия на корпусе гравиметра этикетки с товарным знаком фирмы-изготовителя;
- подготовка к работе поверяемого гравиметра, средств измерений и вспомогательных устройств, входящих в состав поверочного оборудования, в соответствии с их эксплуатационной документацией.

8.2 Опробование

При проведении опробования должна быть установлена работоспособность гравиметра.

Критерием при установлении работоспособности гравиметра является оценка уровня случайного шума.

8.2.1 Выполнить операции п. 6 часть 3 РЭ на гравиметр.

8.2.2 Выключить гравиметр в соответствии с РЭ на гравиметр.

Гравиметр считается прошедшим поверку по пункту 8.2 МП, если среднее квадратическое значение случайного шума не превышает 0,3 мГал.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Подготовить гравиметр к работе, в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.2 Включить гравиметр и проверить номера версий встроенного и автономного ПО его запуске программного модуля.

Номера версий ПО должны быть не ниже приведённых в таблице 5.
Таблица 5 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные признаки	Значения			
	Встроенное		Автономное	
Идентификационное наименование ПО	GTNAV	GTGRAV	SEAGRAV E	SEAGRAV G
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.15	45	1.0	1.0

Гравиметр относительный Силомер считается прошедшим поверку по пункту 9, если наименования и версии ПО соответствуют требованиям, приведённым в таблице 5.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

Определение абсолютной погрешности измерений приращений ускорения свободного падения в диапазоне измерений ± 4 Гал

10.1 Подготовить к работе рабочий эталон 1-ого разряда (далее по тексту-эталон) в соответствии с её руководством по эксплуатации.

10.2 Установить и закрепить на платформе поворотной установки (далее-установка) гравиметрический чувствительный элемент (ГРЧЭ) прибора ГИ-1 и рабочий эталон 1-ого разряда (далее по тексту-эталон). При этом ось чувствительности эталона должна находиться в положении, соответствующем максимальной чувствительности.

10.3 Выполнить электрические подключения в соответствии со схемой, приведённой на рисунке1. Выполнить операции подготовки к работе ГРЧЭ в соответствии с инструкцией по регулированию ГРЧЭ.

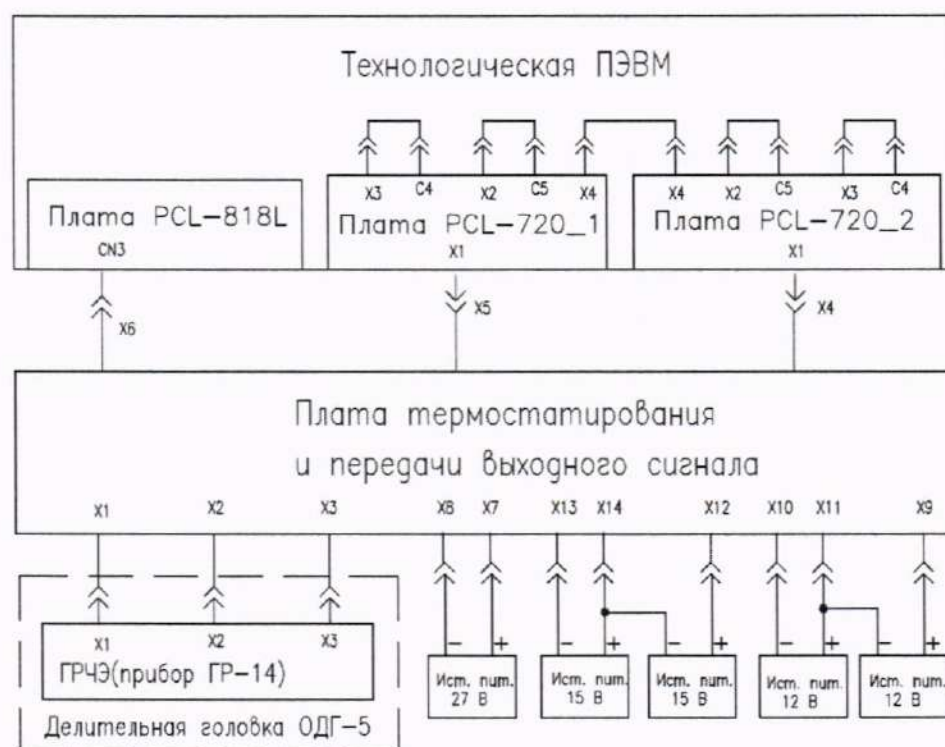


Рисунок 1- Схема подключения ГРЧЭ

10.4 Запустить программу test_3.exe и произвести в течении 5 мин запись показаний гравиметра. Снять показания с эталона. Результаты измерений занести в таблицу 6.

10.5 Повторить операции п.10.4 для углов наклона φ_i , указанных в таблице 6.

Таблица 6 - Результаты измерений

φ_i	$da_{э.и}, \text{ мГал}$	$d_{g.i}, \text{ мГал}$
0		
2°30'		
3°40'		
4°30'		
5°10'		
5°45'		
6°15'		
6°45'		
0		
-(2°30')		
-(3°40')		
-(4°30')		
-(5°10')		
-(5°45')		
-(6°15')		
-(6°45')		

10.6 По данным таблицы 6 рассчитать значение приращения ускорения $da_{э.и}$ по формуле:

$$da_{э.и} = -g_m [1 - \cos(\varphi_i - \varphi_0)] \quad (1)$$

где:

g_m – местное значение ускорения свободного падения;

$$\varphi_i = \arcsin \left(\frac{U_i - U_0}{K_{э.и} \cdot g_m} \right); \quad (2)$$

$K_{э.и}$ – коэффициент преобразования эталона.

Результаты расчётов занести в таблицу 6.

10.7 Остановить программу test_3.exe. Записать показания ГРЧЭ $d_{g.i}$ из файла в таблицу 6.

10.8 По данным таблицы 6 рассчитать отклонения показаний гравиметра от значений $da_{э.и}$ по формуле

$$\Delta g_i = \frac{dg_{i+} + dg_{i-}}{2} - da_{э.и} \quad (3)$$

Результаты расчётов занести в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты измерений приращения ускорения свободного падения

φ_i	Δg_1 , мГал	Δg_2 , мГал	Δg_3 , мГал	Δg_i , мГал
0				
2°30′				
3°40′				
4°30′				
5°10′				
5°45′				
6°15′				
6°75′				

10.9 Повторить операции пп. 10.5 – 10.8 не менее двух раз.

10.10 Рассчитать погрешность по данным полученным в трёх сериях измерений по формуле:

$$\Delta g_i = \frac{1}{3} \sum \Delta g_i \quad (4)$$

где i – количество серий измерений.

Результаты измерений занести в таблицу 7.

10.11 Определить систематическую составляющую погрешности измерений приращений ускорения свободного падения, обусловленную нелинейностью амплитудной характеристики, из условия:

$$\Theta_g = \max |\Delta g_i| \quad (5)$$

10.12 Определить случайную составляющую погрешности по формуле

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot (\sum_0^n (g_n - g_{cp})^2)} \quad (6)$$

Где

g_n – результат измерений n -ого отсчёта;

g_{cp} – среднее значение результата измерений при n отсчетах.

10.13 Определить абсолютную погрешность измерений по формуле

$$S_\Sigma = \sqrt{S_i^2 + \frac{\Theta_g^2}{3}} \quad (7)$$

Определение абсолютной погрешности измерений приращений ускорения свободного падения прямым методом в диапазоне ± 400 мГал

10.14 Определение случайной составляющей погрешности измерений приращения ускорения свободного падения гравиметром

10.15 Подготовить гравиметр к проведению измерений. Установить гравиметр на ровную, неподвижную поверхность. Настроить сохранение «сырых» данных в соответствии с эксплуатационной документацией.

10.16 Произвести однократное измерение приращения ускорения свободного падения гравиметром Δ_1 . В массиве накопленных гравиметром измерений выделить непрерывную последовательность из 15 измерений δ_i и рассчитать СКО по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\delta_i - \Delta_1)^2}{N}} \quad (8)$$

где: N - число измерений, $N = 15$.

10.17 Случайная составляющая измерений приращения ускорения свободного падения определяется как СКО среднего значения по формуле:

$$S = \frac{\sigma}{\sqrt{N-1}} \quad (9)$$

10.18 Определение систематической составляющей погрешности измерений приращения ускорения свободного падения гравиметром

10.19 Определение систематической составляющей погрешности измерений проводятся методом сличений показаний гравиметра и эталонного гравиметра при заданных приращениях ускорения свободного падения 10, 50, 100, 250, 400 мГал. Для задания приращений ускорения свободного падения используется перепад высот на местности (с использованием, при необходимости, технических объектов). Определить перепад высот (в метрах), необходимый для задания приращения ускорения свободного падения в соответствии с таблицей 2, используя для этого эмпирическое выражение:

$$\Delta g = 0,3\Delta h, \text{ мГал}$$

10.20 Определить начальное положение и соответствующие перепаду высот по сравнению с начальным положением географические пункты.

Таблица 8 – Результаты измерений приращения ускорения свободного падения.

Заданное значение приращения ускорения свободного падения, мГал	Результат измерений эталонным СИ, A_0 , мГал	Результат измерений гравиметром, A , мГал	Отклонение показаний, Δ , мГал
10			
50			
100			
250			
400			

10.21 Переместить гравиметр и эталонный гравиметр в начальное положение. Подготовить гравиметр и эталонный гравиметр к проведению измерений. Установить гравиметры на ровную, неподвижную поверхность.

10.22 Произвести измерения и обнулить показания гравиметров.

10.23 Последовательно перемещая гравиметры по пунктам на местности, задавая приращения ускорения свободного падения 10, 50, 100, 250, 400 мГал, произвести измерения эталонным гравиметром и испытуемым гравиметром. В завершении вернуться в начальное положение, произвести измерения в начальном положении и осуществить коррекцию данных с учетом дрейфа гравиметров в соответствии с указаниями эксплуатационной документации. Данные занести в таблицу 8.

10.24 Для всех значений заданного приращения ускорения свободного падения определить отклонение показаний по формуле:

$$\Delta = A_0 - A \quad (10)$$

Результаты занести в таблицу 8.

10.25 Определение предела абсолютной погрешности измерений приращения ускорения свободного падения.

10.26 По данным таблицы 6 определить максимальное отклонение показаний $\Delta_{\max} = \max \{|\Delta|\}$.

10.27 Пределы абсолютной погрешности измерений приращения ускорения свободного падения определяется по формуле:

$$\Delta_G = \pm \left(1,1 \sqrt{S^2 + \frac{\Delta_{\max}^2}{3}} \right) \quad (11)$$

Проверка дрейфа

10.28 Установить гравиметр в рабочем положении на неподвижное основание.

10.29 Выполнить электрические подключения в соответствии со схемой на рисунке 1. Выполнить операции подготовки к работе гравиметра в соответствии с эксплуатационной документацией.

10.30 Запустить программу g6t27a.exe и произвести запись показаний гравиметра dgi в течение 24 ч с периодом оцифровки 60 с. Через 24 часа остановить программу. Открыть файл Rxxxxxx.dat с значениями dgi , полученными в процессе испытания.

10.31 Рассчитать среднее начальное значение показаний, как среднее по первым 15 точкам по формуле:

$$m_{start} = \frac{\sum_{i=1}^{15} dgi}{15} \quad (11)$$

10.32 Рассчитать среднее конечное значение показаний, как среднее по последним 15 точкам по формуле:

$$m_{end} = \frac{\sum_{i=1}^{15} dgi}{15} \quad (12)$$

10.33 Рассчитать дрейф показаний гравиметра (Dg) по формуле:

$$Dg = m_{end} - m_{start} \quad (13)$$

10.34 Исключить дрейф из показаний гравиметра по формуле:

$$dgcrr = dgi \cdot \frac{m_{end} - m_{start}}{N} \cdot i \quad (14)$$

где N – число отсчетов

10.35 По данным выполнения пп. 10.30, 10.31, 10.32 и 10.34 найти максимальное $dgcrr_{max}$ и минимальное $dgcrr_{min}$ значения откорректированных показаний гравиметра. Выбрать из них максимальное по модулю значение, обозначив его $MAXdgcrr$.

10.36 Погрешность, вызванная отклонением дрейфа гравиметра от принятой линейной модели дрейфа ($\theta_{гмд}$), является систематической и оценивается значением $MAXdgcrr$:

$$\theta_{гмд} = MAXdgcrr \quad (15)$$

Гравиметр считается прошедшим поверку по пункту 10 и соответствует метрологическим требованиям, если абсолютная погрешность измерений приращения ускорения свободного падения не более 1 мГал и дрейф показаний гравиметра не более 1 мГал за 24 часа.

11. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 При положительных результатах поверки, проведённой в соответствии с настоящей методикой, оформляется протокол поверки.

11.2 При отрицательных результатах поверки измеритель к применению не допускается.

11.3 Сведения о результатах поверки средства измерений должны быть переданы в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

По заявлению владельца средств измерений или лица, представившего их на поверку в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям) наносит знак поверки и выдаёт свидетельства о поверке, оформленные в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке и (или) в паспорт (формуляр) средств измерений вносит запись о проведённой поверке или в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие средств измерений метрологическим требованиям) выдаёт извещения о непригодности к применению средства измерений.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____ от _____.____._____

Наименование и тип СИ: Гравиметр относительный Силомер

Адрес места поверки: _____

Заводской номер: _____

1. Поверка проводилась в соответствии с: МП 253-0016-2024

2. Используемые эталоны и средства измерений: _____

3. Условия поверки: температура окружающего воздуха – (°С),

относительная влажность воздуха – (%)

4. Проведение поверки:

4.1 Внешний осмотр: _____

Вывод: _____

4.2 Опробование: _____

4.3. Проверка программного обеспечения

Идентификационные признаки	Значения			
	Встроенное		Автономное	
Идентификационное наименование ПО	GTNAV	GTGRAV	SEAGRAV E	SEAGRAV G
Номер версии (идентификационный номер) ПО	2.15	45	1.0	1.0

Вывод: _____

4.4 Определение метрологических характеристик

Таблица 2 – Серия 1

Заданный угол, φ_i , градус	Заданное приращение, мГал	$da_{эт.i}$, мГал	$d_{g.i}$, мГал
0	0		
1	149,5		
2°30′	934,6		
3°40′	2010,0		
4°30′	3026,9		
5°10′	3989,5		
5°45′	4940,4		
0	0		
-1	149,5		
-(2°30′)	934,6		
-(3°40′)	2010,0		
-(4°30′)	3026,9		
-(5°10′)	3989,5		
-(5°45′)	4940,4		

Таблица 2 – Серия 2

Заданный угол, φ_i , градус	Заданное приращение, мГал	$da_{эт.i}$, мГал	$d_{g.i}$, мГал
0	0		
1	149,5		
2°30′	934,6		
3°40′	2010,0		
4°30′	3026,9		
5°10′	3989,5		
5°45′	4940,4		
0	0		
-1	149,5		
-(2°30′)	934,6		
-(3°40′)	2010,0		
-(4°30′)	3026,9		
-(5°10′)	3989,5		
-(5°45′)	4940,4		

Таблица 3 – Серия 3

Заданный угол, φ_i , градус	Заданное приращение, мГал	$da_{эт.i}$, мГал	$d_{g.i}$, мГал
0	0		
1	149,5		
2°30′	934,6		
3°40′	2010,0		
4°30′	3026,9		
5°10′	3989,5		
5°45′	4940,4		
0	0		
-1	149,5		
-(2°30′)	934,6		
-(3°40′)	2010,0		
-(4°30′)	3026,9		
-(5°10′)	3989,5		
-(5°45′)	4940,4		

Таблица 4-Результаты измерений серий 1-3

φ_i	Δg_1 , мГал	Δg_2 , мГал	Δg_3 , мГал	Δg_i , мГал
0				
1				
2°30'				
3°40'				
4°30'				
5°10'				
5°45'				

$$\Theta_g = \max |\Delta g_i| =$$

$$S_i = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \left(\sum_0^n (g_n - g_{cp})^2 \right) =}$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_i^2 + \frac{\Theta_g^2}{3}} =$$

Вывод: _____

Заключение: _____

Поверитель: _____

подпись

инициалы, фамилия