

**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**

Е. П. Кривцов м.п. « 15 » декабря 2023 г.

доверенность № 54/2021
от 24.12.2021

Государственная система обеспечения единства измерений

Балансомеры ПЕЛЕНГ СФ-08-21

Методика поверки

МП 254-0106-2023

**Руководитель лаборатории испытаний
в целях утверждения типа средств измерений
аэрогидрофизических параметров
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
П.К. Сергеев**

**Инженер лаборатории испытаний в целях
утверждения типа средств измерений
аэрогидрофизических параметров
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
С.С. Чекалева**

**Санкт-Петербург
2023 г.**

1. Общие положения

Данная методика поверки распространяется на балансомеры ПЕЛЕНГ СФ-08-21 (далее – балансомеры), предназначенные для измерений радиационного баланса исследуемой поверхности в естественных условиях, то есть разности значений энергетической освещенности (радиации), создаваемой потоками солнечного и теплового излучений в диапазоне длин волн от 0,28 до 40,0 мкм, поступающими на его приемные поверхности, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость балансомеров к ГЭТ 86-2017 в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений радиометрических величин некогерентного оптического излучения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной области спектра, утверждённой приказом Росстандарта № 2414 от 21.11.2023 г.

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки - непосредственное сличение.

Балансомеры подлежат первичной и периодической поверке.

Методикой поверки предусмотрена поверка отдельных автономных блоков с обязательным занесением данной информации в сведения о поверке в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

2. Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа о поверке	Обязательность выполнения операций поверки при	
		Первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр	7	да	да
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	8.1	да	да
Опробование	8.5	да	да
Подтверждение соответствия программного обеспечения	9	да	да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	да	да
Оформление результатов поверки	11	да	да

При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха, °С от +15 до +35;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 90;
- атмосферное давление, кПа от 86 до 106.

При проведении поверки в естественных условиях по Солнцу, дополнительно должны быть соблюдены следующие условия:

- высота Солнца над горизонтом, не менее 15°.

Солнечное излучение должно быть устойчивым. На диске солнца и в пределах угла 5° в любом направлении от линии визирования на солнце не должно быть следов облаков. В воздухе не должно быть пыли, дыма, тумана или дымки.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику и эксплуатационную документацию (далее ЭД), прилагаемую к балансомерам.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки
Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.1 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +10 °С до +35 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 90 %, с погрешностью не более $\pm 10\%$; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,25$ кПа;	Термогигрометр автономный ИВА-6, рег. номер № 82393-21
п. 10.1 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока блоком электронным на выходе преобразователя А	Средства воспроизведения напряжения постоянного тока в диапазоне от -50 до +50 мВ, абсолютная погрешность не более $\pm(0,0003 \cdot U + 0,003)$ мВ	Калибратор электрических сигналов СА150, рег. № 53468-13
п. 10.2 Проверка времени установления выходного сигнала	Средства измерений интервалов времени, длительность интервала 1800 с, абсолютная погрешность не более $\pm 4,8$ с Вспомогательное оборудование: Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570	Секундомер механический СОПпр, рег. № 11519-11; Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570
п. 10.3 Определение коэффициентов преобразования сторон преобразователя и асимметрии	Эталоны единицы энергетической освещенности, соответствующие требованиям, предъявляемым к эталонам не ниже 2 разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений радиометрических величин некогерентного оптического излучения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной области спектра, утверждённой приказом Росстандарта № 2414 от 21.11.2023 г. (часть 2); Средства измерений напряжения постоянного тока в диапазоне измерений от -50 до +50 мВ, абсолютная погрешность не более $\pm(0,001 \cdot U + 0,01)$ мВ;	Пиргелиометр СНР 1, рег. № 48282-11; Калибратор электрических сигналов СА150, рег. № 53468-13; Секундомер механический СОПпр, рег. № 11519-11; Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570
п. 10.4 Определение случайной погрешности результата измерения коэффициента преобразования	Средства измерений напряжения постоянного тока в диапазоне измерений от -50 до +50 мВ, абсолютная погрешность не более $\pm(0,001 \cdot U + 0,01)$ мВ;	Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570
п. 10.5 Определение относительной погрешности измерений радиационного баланса солнечным излучением	Средства измерений интервалов времени, длительность интервала 1800 с, абсолютная погрешность не более $\pm 4,8$ с Вспомогательное оборудование: Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570; Труба поверочная ПО-11, угол зрения (центральный) 10°.	Труба поверочная ПО-11

Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При поверке необходимо соблюдать требования:

- требования безопасности по ГОСТ 12.3.019-80;
- требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации;
- «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- «Правила ТБ при эксплуатации электроустановок потребителей»;
- в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки достаточно одного специалиста.

7. Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие балансомера следующим требованиям:

- соответствие внешнему виду СИ описания типа;
- наличие заводского номера в месте, указанном в описании типа СИ;
- комплектность должна соответствовать эксплуатационной документации на балансомер;
- балансомеры не должны иметь дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки и на результаты поверки.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий проведения поверки.

8.1.1 При поверке должны быть проверены условия проведения поверки, указанные в п. 3 настоящей методики поверки.

8.1.2 Для контроля условий поверки используются средства поверки, приведенные в таблице 2.

8.2 Проверить комплектность балансомера.

8.3 Проверить электропитание балансомера.

8.4 Подготовить к работе и включить балансомер согласно руководству по эксплуатации 6256.00.00.000 РЭ «Балансомер ПЕЛЕНГ СФ-08-21».

8.5 Опробование

8.5.1 Опробование балансомера должно осуществляться в следующем порядке:

8.5.1.1 Включить балансомер.

8.5.1.2 Убедиться, что измерительная информация поступает и отображается на устройствах отображения (блоке электронном или в программном обеспечении «Peleng Meteo Actinometry»), либо на средстве измерений напряжения постоянного тока, указанном в табл. 2, сообщения об ошибках – отсутствуют.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Запустить автономную программу «Peleng Meteo Actinometry». В пункте меню «Справка» подменю «Вызов справки» содержит пункты для вызова справочной информации (помощи) по работе с программой. Подменю «О программе» содержит сведения о версии программы и ее разработчике. Сведения о версии программного обеспечения «ActinometryService» отображаются при включении в рабочее поле программы.

9.2 Балансомер считается прошедшим проверку по данному пункту с положительными результатами, если проверяемые параметры ПО соответствуют данным, представленным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	ActinometryService	Peleng Meteo Actinometry
Идентификационное наименование ПО		
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.x.x.x*	v.1.x.x.x*
*1- метрологически значимая часть ПО; x.x.x – метрологически незначимая часть ПО		

10. Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока блоком электронным на выходе преобразователя А выполняются в следующем порядке:

10.1.1 Подготовьте к работе калибратор электрических сигналов СА150 и блок электронный согласно их ЭД.

10.1.2 Подключите калибратор электрических сигналов СА150 к блоку электронному.

10.1.3 Задавайте калибратором электрических сигналов СА150 значения постоянного напряжения, $U_{эт}$, не менее чем в пяти точках равномерно распределенных по диапазону измерений.

10.1.4 На каждом заданном значении фиксируйте значения, $U_{изм}$, измеренные блоком электронным.

10.1.5 Вычислите абсолютную погрешность измерений напряжения постоянного тока блоком электронным по формуле:

$$\Delta U = U_{изм} - U_{эт} \quad (1)$$

10.1.6 Результаты считать положительными, если абсолютная погрешность измерений напряжения постоянного тока блоком электронным во всех выбранных точках не превышает $\pm(0,001 \cdot U_{изм} + 0,01)$ мВ.

10.2 Проверка времени установления выходного сигнала

10.2.1 Определение времени установления выходного сигнала проводят на установке актинометрической ПО-4 или по Солнцу в естественных условиях. При определении времени установления выходного сигнала энергетическая освещенность в плоскости измерений должна быть не менее 0,4 кВт/м².

10.2.2 Определение времени установления выходного сигнала на установке актинометрической ПО-4 проводят в следующем порядке:

10.2.2.1 Подготовьте установку ПО-4 к измерениям в соответствии с её эксплуатационной документацией. Установите преобразователь радиационного баланса (преобразователь радиационного баланса электронный) к направлению светового потока и подключите к средству измерений напряжения постоянного тока. Не менее чем через 2 мин затените преобразователь радиационного баланса (преобразователь радиационного баланса электронный) затеняющим экраном и через 2 мин снимите отсчет n , мВ. Уберите затеняющий экран и выждите, когда выходной сигнал освещенного преобразователя радиационного баланса (преобразователя радиационного баланса электронный) достигнет установившегося значения, снимите отсчет U , мВ.

10.2.2.2 Вычислите значение пороговой величины выходного сигнала U_d , мВ, по формуле:

$$U_d = (U - n) \cdot 0,05 + n, \quad (2)$$

где U , n - отсчеты при освещенном и затененном преобразователе радиационного баланса (преобразователе радиационного баланса электронном), мВ.

10.2.2.3 Затените преобразователь радиационного баланса (преобразователь радиационного баланса электронный) с одновременным включением секундомера. Остановите секундомер в момент достижения преобразователем радиационного баланса (преобразователем радиационного баланса электронном) значения U_d и зафиксируйте по нему отсчет, t_y , в секундах. Измерение величины, t_{yi} , выполняют три раза и вычисляют среднее арифметическое \bar{t}_y , с, которое принимают в качестве значения времени установления выходного сигнала, по формуле:

$$\bar{t}_y = \frac{\sum_{i=1}^3 t_{yi}}{3} \quad (3)$$

10.2.3 Определение времени установления выходного сигнала в естественных условиях по Солнцу проводят аналогично тому, как указано в п. 10.2.2, установив поверяемый преобразователь радиационного баланса (преобразователь радиационного баланса электронный) в поверочную трубу ПО-11.

10.2.4 Результаты считать положительными, если время установления выходного сигнала, \bar{t}_y , не более 20 с.

10.3 Определение коэффициентов преобразования сторон преобразователя и асимметрии

Проведите определение разности коэффициентов преобразования сторон (асимметрии преобразователя) на установке актинометрической ПО-4 путем сравнения с пиргелиометром СНР 1 (эталонным актинометром) либо в естественных условиях по Солнцу путем сличений с эталонным актинометром.

10.3.1 На установке актинометрической ПО-4 измерения проводятся следующим образом:

10.3.1.1 Подготовьте установку ПО-4 к измерениям в соответствии с её эксплуатационной документацией. Установите на ней напряжение, обеспечивающее в плоскости измерений энергетическую освещенность не ниже 0,4 кВт/м², и выдержите во включенном состоянии не менее 30 мин. До конца поверки напряжение на светоизмерительной лампе поддерживайте постоянным с погрешностью не более $\pm 0,2$ В.

10.3.1.2 Установите эталонный актинометр к направлению светового потока, подключите его к вольтметру, выдержите освещенным не менее 2 мин. Затените затеняющим экраном и через 1 мин снимите отсчет U_o .

10.3.1.3 Уберите затеняющий экран и не менее чем через 2 мин снимите три отсчета U_{oi} .

10.3.1.4 Снимите эталонный актинометр и установите поверяемый балансомер стороной 1 к светоизмерительной лампе перпендикулярно оптической оси установки актинометрической ПО-4 таким образом, чтобы центр его приемной поверхности расположился в той же точке пространства, что и центр приёмной поверхности эталонного актинометра.

10.3.1.5 Поверяемый балансомер выдержите освещенным не менее 2 мин, затените и через 1 мин снимите отсчет n_1 , мВ.

10.3.1.6 Уберите затеняющий экран и не менее, чем через 2 мин, снимите 10 значений напряжения U_{mi} , из которых вычислите среднее арифметическое значение \bar{U}_{m1} .

10.3.1.7 Установите преобразователь стороной 2 к светоизмерительной лампе и аналогичным образом выполните измерения при затененном и освещенном преобразователе, затем получите для стороны 2 значения n_1 и \bar{U}_{m2} .

10.3.1.8 Установите эталонный актинометр, аналогично указанному в пунктах 10.3.1.2, 10.3.1.3 проведите измерения при закрытом и открытом эталонном актинометре, повторно получив значения n_o и U_{oi} .

10.3.1.9 Из двух серий измерений по эталонному актинометру найдите среднее арифметическое \bar{U}_o , мВ по формуле:

$$\bar{U}_0 = \frac{\sum_{i=1}^6 (U_{0i} - n_0)}{6}, \quad (4)$$

10.3.1.10 Вычислите значения коэффициентов преобразования K_1 и K_2 для каждой стороны преобразователя, $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$, по формулам

$$K_1 = K_0 (\bar{U}_{m1} - n_1) / \bar{U}_0, \quad (5)$$

$$K_2 = K_0 (\bar{U}_{m2} - n_2) / \bar{U}_0, \quad (6)$$

где K_0 - значение коэффициента преобразования эталонного актинометра, $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$;

\bar{U}_0 - значение, полученное по формуле (4) по эталонному актинометру, мВ ;

\bar{U}_{m1} , \bar{U}_{m2} - средние арифметические отсчеты при освещении сторон 1 и 2 преобразователя, мВ .

n_1 , n_2 — отсчеты при затенении сторон 1 и 2 преобразователя, мВ .

10.3.1.11 Вычислите значение коэффициента преобразования \bar{K} как среднее арифметическое K_1 и K_2 .

10.3.1.12 Вычислите разницу коэффициентов преобразования сторон ΔK (асимметрию преобразователя), %, по формуле:

$$\delta K = \frac{(K_1 - K_2)}{\bar{K}} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

где \bar{K} — среднее значение коэффициента преобразования преобразователя, $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$.

10.3.2 В естественных условиях по Солнцу измерения проводятся следующим образом:

10.3.2.1 Установите балансомер (далее – преобразователь) стороной 1 на Солнце в трубе ПО-11. Эталонный актинометр и трубу ПО-11 нацелить на Солнце, снять с них крышки и выдержать нацеленными не менее 2 мин.

10.3.2.2 Подключить преобразователь и эталонный актинометр к калибратору электрических сигналов СА150. Затенить и через 2 мин снять показания n_0 эталонного актинометра и n_1 стороны преобразователя.

10.3.2.3 Растенить и вновь нацелить на Солнце эталонный актинометр и трубу ПО-11 и через 2 мин снять 10 пар синхронных показаний U_{mi} 1 стороны преобразователя и U_{0i} эталонного актинометра, из которых вычислить среднее арифметическое значение \bar{U}_{m1} и \bar{U}_0 .

10.3.2.4 Вычислить значение коэффициента преобразования K_1 , $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$, стороны 1 преобразователя по формуле:

$$K_1 = K_0 (\bar{U}_{m1} - \bar{n}_1) / (\bar{U}_0 - \bar{n}_0), \quad (8)$$

где K_0 – значение коэффициента преобразования эталонного актинометра, $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$;

\bar{U}_{m1} ; \bar{U}_0 - среднее значение отсчета преобразователя по стороне 1 и эталонного актинометра соответственно, мВ ;

\bar{n}_1 ; \bar{n}_0 - отсчеты при затенении преобразователя по стороне 1 и эталонного актинометра соответственно, мВ .

10.3.2.5 Переставить преобразователь в трубе ПО-11 стороной 2 на Солнце и провести измерения аналогично п.10.3.2.1 – п.10.3.2.3.

10.3.2.6 Вычислить значение коэффициента преобразования K_2 , $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$, стороны 2 преобразователя по формуле:

$$K_2 = K_0 (\bar{U}_{m2} - \bar{n}_2) / (\bar{U}_0 - \bar{n}_0), \quad (9)$$

где K_0 – значение коэффициента преобразования эталонного актинометра, $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$;

\bar{U}_{m2} ; \bar{U}_0 - среднее значение отсчета преобразователя по стороне 2 и эталонного актинометра соответственно, мВ ;

\bar{n}_2 ; \bar{n}_0 - отсчеты при затенении преобразователя по стороне 2 и эталонного актинометра соответственно, мВ .

10.3.2.7 Вычислите значение коэффициента преобразования \bar{K} как среднее арифметическое K_1 и K_2 .

10.3.2.8 Вычислите разницу коэффициентов преобразования сторон ΔK (асимметрию преобразователя), %, по формуле (7).

10.3.3 Результаты считаются положительными, если значения коэффициентов преобразования преобразователя составляют не менее $8 \text{ мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$, а значение асимметрии не превышает $\pm 5 \%$.

10.4 Определение случайной погрешности результата измерения коэффициента преобразования.

10.4.1. Случайная погрешность результата измерения коэффициента преобразования ($S, \%$) определяется по измерениям, выполненным в п. 10.3.1 и в п. 10.3.2 по формуле:

$$S = \frac{1}{\bar{U}_m} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_{mi} - \bar{U}_m)^2}{m(m-1)}} \cdot 100\% \quad (10),$$

где m – число измерений сигнала с поверяемого преобразователя ($m = 10$);

U_{mi} – значение сигнала с поверяемого преобразователя;

\bar{U}_m – среднее по 10 значениям значение сигнала с преобразователя.

10.4.2 Результаты считать положительными, если $S \leq 0,5 \%$.

10.5 Определение относительной погрешности измерений радиационного баланса солнечным излучением

10.5.1 Относительная погрешность измерений радиационного баланса солнечным излучением ($\delta E, \%$) определяется по измерениям, выполненным в п.10.3.2 или п.10.3.3 по формуле:

$$\delta E = \frac{\bar{E}_{\text{изм}} - \bar{E}_{\text{эт}}}{\bar{E}_{\text{эт}}} \cdot 100 \%, \quad (11)$$

где $\bar{E}_{\text{изм}}$ – измеренное значение радиационного баланса солнечным излучением;

$\bar{E}_{\text{эт}}$ – эталонное значение энергетической освещенности.

10.5.2 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$|\delta E| \leq 10 \%.$$

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки балансомеров передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке. Знак поверки при необходимости наносится на свидетельство о поверке.

11.2 Протокол оформляется по запросу.