

**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
м.п. 15 декабря 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Актинометры ПЕЛЕНГ СФ-12-21

Методика поверки

МП 2540-0103-2023

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

г. Санкт-Петербург
2023 г.

1. Общие положения

Данная методика поверки распространяется на актинометры ПЕЛЕНГ СФ-12-21 (далее – актинометры), предназначенные для измерений прямой энергетической освещенности, создаваемой солнечным излучением и (или) искусственным излучением в спектральном диапазоне длин волн от 0,3 до 10,0 мкм, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость актинометров 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.

Актинометры 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	8.3	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 актинометрам.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 2

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 ±10%; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 86 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более ±0,25 кПа;	Термогигрометр автономный ИВА-6, рег. № 82393-21
п. 10.1 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока блоком электронным на выходе преобразователя АТ	Средства воспроизведения напряжения постоянного тока в диапазоне измерений от -50 до +50 мВ, относительная погрешность не более ±(0,0003*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 ±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 коэффициента преобразования при нормальном падении радиации	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 ±(0,001*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 интервалов времени, длительность интервала 1800 с, абсолютная погрешность не более ±4,8 с. Вспомогательное оборудование: Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570	
п. 10.5 Определение относительной погрешности измерений энергетической освещенности и (или) искусственным излучением		
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;
- 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 актинометра следующим требованиям:

- соответствие внешнему виду СИ описания типа СИ;
- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа СИ;
- комплектность должна соответствовать эксплуатационной документации на актинометр;
- актинометры 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 электропитание актинометра.

8.3 Опробование

8.3.1 Опробование актинометра должно осуществляться в следующем порядке:

8.3.1.1 Подготовить к работе и включить актинометр согласно ЭД.

8.3.1.2 Убедиться, что измерительная информация поступает и отображается на устройствах отображения, сообщения об ошибках – отсутствуют.

8.3.1.3 При поверке, измеренные значения фиксируются на блоке электронном или в программном обеспечении «Peleng Meteo Actinometry».

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 рабочем поле программы.

9.2 Актинометр 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 средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений напряжения постоянного тока блоком электронным на выходе преобразователя АТ 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 при энергетической освещенности в плоскости измерений не менее 0,4 кВт/м².

10.2.2 Включите лампу, установите актинометр нормально к направлению светового потока и подключите к калибратору электрических сигналов СА150. Не менее чем через 2 мин затените актинометр затеняющим экраном и через 2 мин снимите отсчет n , мВ. Уберите затеняющий экран и выждите, когда выходной сигнал освещенного актинометра достигнет установившегося значения, снимите отсчет U , мВ.

10.2.3 Вычислите значение пороговой величины выходного сигнала $U_{д1}$, мВ, по формуле:

$$U_{д1} = (U - n) \cdot 0,05 + n, \quad (2)$$

где U , n - отсчеты при освещенном и затененном актинометре, мВ.

10.2.4 Затените актинометр с одновременным включением секундомера. Остановите секундомер в момент достижения актинометром значения $U_{д1}$ 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:

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

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

10.3 Определение коэффициента преобразования при нормальном падении радиации

10.3.1 Коэффициент преобразования при нормальном падении радиации определяется либо в лабораторных условиях на установке ПО-4, либо в естественных условиях по Солнцу.

10.3.2 Определение коэффициента преобразования при нормальном падении радиации на установке ПО-4 производить в следующем порядке:

10.3.2.1 Включить лампу, установить на ней напряжение, обеспечивающее в плоскости измерений энергетическую освещенность не ниже $0,4 \text{ кВт/м}^2$ и выдерживать не менее 20 мин для прогрева лампы. До конца проверки напряжение на лампе поддерживать постоянным с погрешностью не более $\pm 0,2 \text{ В}$.

10.3.2.2 Установить эталонный актинометр при помощи штатива на поворотный столик перпендикулярно к направлению светового потока. Подключить к калибратору электрических сигналов СА150 и выдерживать освещенным не менее 2 мин, затем затенить затеняющим экраном и через 2 мин снять показания напряжения по калибратору электрических сигналов СА150, n_0 , при затененном актинометре.

10.3.2.3 Убрать экран и не менее, чем через 2 мин, снять десять значений напряжения U_{oi} , из которых вычислить среднее значение $\bar{U}_o$ сигнала эталонного актинометра.

10.3.2.4 Измерить значение n_0 после снятия показаний в соответствии с п. 10.3.2.2 и вычислить среднее значение, $\bar{n}_0$.

10.3.2.5 Снять эталонный актинометр и установить поверяемый актинометр перпендикулярно оптической оси установки таким образом, чтобы центр ее приемной поверхности расположился в той же точке пространства, что и эталонного актинометра.

10.3.2.6 Подключить к калибратору электрических сигналов СА150 и выдержать актинометр освещенным не менее 2 мин, затем закрыть актинометр крышкой и через 2 мин измерить значение места нуля n_n , мВ.

10.3.2.7 Убрать затеняющий экран и не менее, чем через 2 мин, снять 10 значений напряжения U_{mi} , из которых вычислить среднее арифметическое значение, $\bar{U}_m$.

10.3.2.8 Измерить значение n_n после снятия показаний в соответствии с п. 10.3.2.6 и вычислить среднее значение, $\bar{n}_n$.

10.3.2.9 Снять поверяемый актинометр и установить эталонный актинометр. Повторить п. 10.3.2.2 – 10.3.2.4 и вычислить среднее значение сигнала эталонного актинометра, $\bar{U}_o$, по двум сериям (до поверяемого и после).

10.3.2.10 Вычислить значение коэффициента преобразования K , $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$, поверяемого актинометра по формуле:

$$K = K_o (\bar{U}_m - \bar{n}_n) / (\bar{U}_o - \bar{n}_0), \quad (4)$$

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

$\bar{U}_m$; $\bar{U}_o$ – среднее значение отсчета при освещении поверяемого актинометра и эталонного актинометра соответственно, мВ;

$\bar{n}_n$; $\bar{n}_0$ – отсчеты при затенении поверяемого актинометра и эталонного актинометра соответственно, мВ.

10.3.3 Определение коэффициента преобразования в естественных условиях по Солнцу проводят в следующем порядке:

10.3.3.1 Эталонный актинометр и поверяемый актинометр нацелить на Солнце, снять с них крышки и выдержать нацеленными не менее 2 мин.

10.3.3.2 Подключить поверяемый актинометр и эталонный актинометр к калибратору. Затенить и через 2 мин снять показания n_0 эталонного актинометра и n_n головки.

10.3.3.3 Растенить и вновь нацелить на Солнце эталонный актинометр и поверяемый актинометр и через 2 мин снять 10 пар синхронных показаний калибратора U_{mi} поверяемого актинометра и U_{oi} эталонного актинометра, из которых вычислить среднее арифметическое значение $\bar{U}_m$ и $\bar{U}_o$.

10.3.3.4 Вычислить значение коэффициента преобразования K , $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$, поверяемого актинометра по формуле:

$$K = K_o (\bar{U}_m - \bar{n}_n) / (\bar{U}_o - \bar{n}_0), \quad (5)$$

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

$\bar{U}_m$; $\bar{U}_o$ – среднее значение отсчета головки пиранометра и эталонного актинометра соответственно, мВ;

$\bar{n}_n$; $\bar{n}_0$ - отсчеты при затенении головки и эталонного актинометра соответственно, мВ.

10.3.4 Результаты считать положительными, если значение полученного коэффициента преобразования не менее 6 мВ· м² / кВт.

Примечание – Пределы допускаемой дополнительной относительной погрешности измерений энергетической освещенности, вызываемой отклонением температуры воздуха от нормального значения, 20 °С, на каждые 10 °С ±1 %.

10.4 Определение случайной погрешности результата измерений коэффициента преобразования.

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

$$S = \frac{1}{\bar{U}_m} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (U_{mi} - \bar{U}_m)^2}{m(m-1)}} \cdot 100\% \quad (6),$$

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

U_{mi} – значение сигнала с поверяемого актинометра;

$\bar{U}_m$ – среднее по 10 значениям значение сигнала с актинометра;

10.4.2 Результаты считать положительными, если $S \leq 0,3 \%$.

10.5 Определение относительной погрешности измерений прямой энергетической освещенности солнечным излучением и (или) искусственным излучением

10.5.1 Относительная погрешность измерений прямой энергетической освещенности солнечным излучением и (или) искусственным излучением (δE , %) определяется по измерениям, выполненным в п.10.3.2 или п.10.3.3 по формуле:

$$\delta E = \frac{\bar{E}_{\text{изм}} - \bar{E}_{\text{эт}}}{\bar{E}_{\text{эт}}} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

10.5.2 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$|\delta E| \leq 3 \%.$$

11 Оформление результатов поверки

11.1 Сведения о результатах поверки актинометров 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.

11.3 В процессе поверки пломбировка не нарушается.