

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

СОГЛАСОВАНО



**И.о. генерального директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
А.Н. Пронин**

**м.п. « 12 » мая 2021 г.
ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЕНЕРАЛЬНОГО
ДИРЕКТОРА
Кустиков Ю.А.
Дов. №19 от 13.01.2020**

Государственная система обеспечения единства измерений

Станции актинометрические СФ-14-21

Методика поверки

МП 254-0107-2021

**И.о. руководителя научно-исследовательского
отдела госэталонов в области
аэрогидрофизических параметров
А.Ю. Левин**

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

П.К. Сергеев

**Санкт-Петербург
2021 г.**

1 Общие положения

Данная методика поверки распространяется на станции актинометрические СФ-14-21 (далее – станции СФ-14-21), предназначенные для измерений энергетической освещенности, создаваемой солнечным излучением, и радиационного баланса исследуемой поверхности в естественных условиях, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Методикой поверки должна обеспечиваться прослеживаемость станций СФ-14-21 к государственному первичному эталону единицы радиометрических и спектрорадиометрических величин в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм (ГЭТ 86-2017).

Методикой поверки предусмотрена поверка отдельных измерительных каналов, так как измерительные каналы являются полностью независимыми. Информация об объемах проведенной поверки заносится в установленном законодательством РФ порядке.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки - непосредственное сличение.

Станции СФ-14-21 подлежат первичной и периодической поверке.

2 Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа о поверке	Проведение операции при	
		Первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр	7	да	да
Опробование	8.4	да	да
Подтверждение соответствия программного обеспечения	9	да	да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	да	да

При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3 Требования к условиям проведения поверки

При поверке должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха, °С от +15 до +25;
- относительная влажность воздуха, % от 25 до 90;
- атмосферное давление, гПа от 860 до 1060.

При проведении поверки в соответствии с п. 10.2.2 данной методики дополнительно должны быть соблюдены следующие условия:

- высота Солнца над горизонтом, не менее 10°.

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, допущенные к работе в качестве поверителей, изучившие настоящую методику и эксплуатационную документацию (далее ЭД), прилагаемую к станциям СФ-14-21.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 2

Номер пункта документа по поверке	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
9	Персональный компьютер с ПО Peleng Meteo
10	<p>Рабочий эталон 2-го разряда (пиранометр) единицы энергетической освещенности солнечным излучением, в соответствии с ГОСТ 8.195-2013 «государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм», диапазон измерений от 400 до 1600 Вт/м² в спектральном диапазоне 0,3-3,0 мкм</p> <p>Рабочий эталон 1-го разряда (эталонный актинометр) единицы энергетической освещенности солнечным излучением, в соответствии с ГОСТ 8.195-2013 «государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм», диапазон измерений от 10 до 1600 Вт/м² в спектральном диапазоне 0,3-10,0 мкм.</p> <p>Рабочий эталон 3-го разряда (вольтметр) единицы напряжения – вольта, в соответствии с приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3457 «об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы», диапазон измерений от 0 до 1 В.</p> <p>Секундомер механический СОПр, диапазон 0 – 3600 с, пределы допускаемой абсолютной погрешности ±5,4 с, рег. номер 11519-11.</p> <p>Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570.</p> <p>Труба ПО-11, угол зрения (центральный) 10°.</p>

5.1 Средства поверки должны иметь действующие свидетельства о поверке, эталоны - действующие свидетельства об аттестации.

5.2 Допускается применение аналогичных средств поверки обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых станций СФ-14-21 с требуемой точностью.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При поверке должны 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 станций СФ-14-21 следующим требованиям:

- соответствие внешнему виду СИ описанию типа СИ;

- четкость и хорошая различимость маркировок на блоке питания (входит в состав станций СФ-14-21);
- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа СИ;
- комплектность должна соответствовать эксплуатационной документации на станцию СФ-14-21;
- станции СФ-14-21 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 Проверьте все составные части станции СФ-14-21.
- 8.2 Проверьте электропитание станции СФ-14-21.
- 8.3 Подготовьте к работе, и включить балансомер согласно ЭД.
- 8.4 Опробование
 - 8.4.1 Опробование станции СФ-14-21 должно осуществляться в следующем порядке:
 - 8.4.1.1 Включите станцию СФ-14-21 согласно ЭД.
 - 8.4.1.2 Убедитесь, что измерительная информация поступает и отображается на устройствах отображения, сообщения об ошибках – отсутствуют.
 - 8.4.1.3 При поверке измеренные значения фиксируются на экране персонального компьютера (далее – ПК) при помощи автономного программного обеспечения (далее – ПО).

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Запустите автономное ПО 1530.100230519.6271-01, откройте пункт 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.

9.2 Станция СФ-14-21 считается прошедшей проверку по данному пункту с положительными результатами, если проверяемые параметры ПО соответствуют данным, представленным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	1530.100230519.6271-01
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 01

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение метрологических характеристик при измерении суммарной/отраженной/рассеянной энергетической освещенности (с пиранометром ПЕЛЕНГ СФ-06-21, далее - пиранометр)

10.1.1 Определение коэффициента преобразования при нормальном падении радиации производить в следующем порядке:

10.1.1.1 Включить лампу установки ПО-4, установить на ней напряжение, обеспечивающее в плоскости измерений энергетическую освещенность не ниже 0,4 кВт/м² и выдерживать не менее 20 мин для прогрева лампы. До конца проверки напряжение на лампе поддерживать постоянным с погрешностью не более ±0,2 В.

10.1.1.2 Установить эталонный пиранометр при помощи штатива на поворотный столик перпендикулярно к направлению светового потока. Подключить к вольтметру и выдерживать освещенным не менее 2 мин, затем затенить экраном и через 2 мин снять показания вольтметра U_{0i} при затененном пиранометре.

10.1.1.3 Убрать экран и не менее, чем через 2 мин, снять десять значения напряжения U_{0i} , из которых вычислить среднее значение \bar{U}_0 сигнала эталонного пиранометра.

10.1.1.4 Измерить значение p_0 после снятия показаний в соответствии с п. 10.1.1.2 и вычислить среднее значение \bar{p}_0 .

10.1.1.5 Снять эталонный пиранометр и установить проверяемую головку пиранометра (далее – головка) перпендикулярно оптической оси установки таким образом, чтобы центр ее приемной поверхности расположился в той же точке пространства, что и эталонного пиранометра.

10.1.1.6 Подключить к вольтметру и выдержать головку освещенной не менее 2 мин, затемнить и через 2 мин снять показания вольтметра p_n при затемненной головке.

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

10.1.1.8 Измерить значение p_n после снятия показаний в соответствии с п. 10.1.1.6 и вычислить среднее значение \bar{p}_n .

10.1.1.9 Снять проверяемую головку пиранометра и установить эталонный пиранометр. Повторить п. 10.1.1.2 – 10.1.1.4.

10.1.1.10 Вычислить значение коэффициента преобразования K , мВ·м²/кВт, головки по формуле:

$$K = K_0 (\bar{U}_m - \bar{p}_n) / (\bar{U}_0 - \bar{p}_0),$$

где K_0 – значение коэффициента преобразования эталонного пиранометра, мВ·м²/кВт;

\bar{U}_m ; \bar{U}_0 – среднее значение отсчета при освещении проверяемой головки и эталонного пиранометра соответственно, мВ;

\bar{p}_n ; \bar{p}_0 – отсчеты при затемнении проверяемой головки и эталонного пиранометра соответственно, мВ.

10.1.1.11 Результаты считать положительными, если значение полученного коэффициента преобразования не менее 8 мВ· м² / кВт.

10.1.2 Определение относительной погрешности измерений суммарной/отраженной/рассеянной энергетической освещенности

10.1.2.1 В настройках ПО установить коэффициент преобразования, вычисленный по формуле из п. 10.1.1.10.

10.1.2.2 Установить на лампе мощность, соответствующую энергетической освещенности не ниже 400 Вт/м².

10.1.2.3 Установить эталонный пиранометр при помощи штатива на поворотный столик перпендикулярно к направлению светового потока. Подключить к вольтметру и выдерживать освещенным не менее 2 мин.

10.1.2.4 Снять 10 значений напряжения U_{0i} и рассчитать энергетическую освещенность $I_{эти}$, из которых вычислить среднее значение $\bar{I}_{эт}$.

10.1.2.5 Снять эталонный пиранометр и установить проверяемую головку перпендикулярно оптической оси установки таким образом, чтобы центр ее приемной поверхности расположился в той же точке пространства, что и эталонного пиранометра.

10.1.2.6 Выдержать её освещенной не менее 2 мин. Снять 10 измерений $I_{изми}$, из которых вычислить среднее значение $\bar{I}_{изм}$.

10.1.2.7 Вычислить относительную погрешность измерений суммарной/отраженной/рассеянной энергетической освещенности по формуле:

$$\delta I = \frac{\bar{I}_{изм} - \bar{I}_{эт}}{\bar{I}_{эт}} \cdot 100 \%,$$

10.1.2.8 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$\delta I \leq \pm 10 \%$$

10.1.3 Определение коэффициента преобразования в естественных условиях

Определение коэффициента преобразования в естественных условиях производить в следующем порядке:

10.1.3.1 Установить головку в трубе ПО-11. Эталонный актинометр и трубу ПО-11 нацелить на Солнце, снять с них крышки и выдержать нацеленными не менее 2 мин.

10.1.3.2 Подключить головку и эталонный актинометр к вольтметру. Затенить и через 2 мин снять показания n_0 эталонного актинометра и n_n головки.

10.1.3.3 Нацелить на Солнце эталонный актинометр и трубу ПО-11 и через 2 мин снять 10 пар синхронных показаний вольтметра U_{mi} головки и U_{0i} эталонного актинометра, из которых вычислить среднее арифметическое значение \bar{U}_m и \bar{U}_0 .

10.1.3.4 Вычислить значение коэффициента преобразования K , мВ·м²/кВт, головки по формуле:

$$K = K_0 (\bar{U}_m - \bar{n}_n) / (\bar{U}_0 - \bar{n}_0),$$

где K_0 – значение коэффициента преобразования эталонного пиранометра, мВ·м²/кВт;
 \bar{U}_m ; \bar{U}_0 – среднее значение отсчета головки и эталонного актинометра соответственно, мВ;

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

10.1.3.5 Результаты считать положительными, если значение полученного коэффициента преобразования не менее 8 мВ·м²/кВт.

10.1.3.6 Подключить головку к блоку электронному согласно ЭД.

10.1.3.7 Подключить к ПК с помощью ПО Peleng Meteo.

10.1.3.8 В настройках ПО выбрать поверяемый прибор и установить коэффициент преобразования, вычисленный по формуле из п. 10.1.3.4.

10.1.3.9 Нацелить на Солнце эталонный актинометр, подключенный к вольтметру, и трубу ПО-11 и через 2 мин снять 10 пар синхронных показаний напряжения U_{0i} эталонного актинометра и энергетической освещенности $I_{измi}$, из которых вычислить среднее значение \bar{U}_0 и $\bar{I}_{изм}$.

10.1.3.10 Рассчитать среднюю энергетическую освещенность эталонного актинометра $\bar{I}_{эт}$.

10.1.3.11 Вычислить относительную погрешность измерений суммарной/отраженной/рассеянной энергетической освещенности по формуле:

$$\delta I = \frac{\bar{I}_{изм} - \bar{I}_{эт}}{\bar{I}_{эт}} \cdot 100 \%,$$

10.1.3.12 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$\delta I \leq \pm 10 \%.$$

10.1.4 Определение поправочных множителей F_h при различных значениях угла падения излучения (высоты солнца) и азимута

10.1.4.1 На установке ПО-4 определение поправочных множителей F_h при различных значениях угла падения излучения (высоты солнца) и азимута производить в следующем порядке:

10.1.4.1 Установить головку, закрепленную с суппортом АЛ6.200.048, на установку ПО-4 перпендикулярно направлению излучения лампы. Совместив середину ее приемной поверхности с осью вращения суппорта. Не меняя положения головки, установить на шкале суппорта угол h , равный 90° (угол высоты солнца). Центр приемной поверхности головки совместить с центром светового поля. Поворачивая головку в вертикальной плоскости, установить ее выводом кабеля вниз, при такой ориентации выполняется проверка для азимутального направления A , равного 0°. Закрепить головку в этом положении винтом.

10.1.4.2 Выдержать головку освещенной не менее 2 мин, затенить ее экраном и через 2 мин снять отсчет места нуля n .

10.1.4.3 Отрегулировать напряжение на лампе так, чтобы показания вольтметра стабилизировались. Это напряжение поддерживать постоянным в течение поверки пиранометра.

10.1.4.4 Убрать экран и через 2 мин снять отсчёт U_{90} при угле $h=90^\circ$.

10.1.4.5 Повернуть приборный столик на отметку угла h , равную 70°. Убрать экран и через 2 мин снять 3 отсчета U_{70} .

10.1.4.6 Аналогичным образом выполнить измерения при значениях угла h , равных

50°, 40°, 30°, 20°, 15°, 10° и закончить измерения при угле h , равном 90° (повторно).

10.1.4.7 Повернуть суппорт на угол h , равный 20°, развернуть головку в вертикальной плоскости, установив ее выводом кабеля вверх (азимутальное направление 90°). Затенить головку и через 2 мин снять отсчет места нуля n . Убрать экран и через 2 мин снять не менее трех отсчетов U'_A при освещенном пиранометре. Аналогичным образом выполнить измерения значений n и U'_A для азимутальных направлений, равных 180° и 270°;

10.1.4.8 Установить угол h равный 90°, азимутальное направление головки, соответствующее 0° и повторить измерения при затененной и освещенной головке аналогично указаниям в 10.1.4.

10.1.4.9 По результатам измерений для азимутального направления 0° определить значения поправочных множителей F_h в следующем порядке:

- из трёх измерений, выполненных по 10.1.4.4, 10.1.4.6 и 10.1.4.8 при значении h , равном 90°, вычислить среднее значение U_{90} и вычесть из него значение места нуля n , в результате чего получить среднее, исправленное значения \check{U}_{90} , мВ.

- по результатам измерений, выполненных по 10.1.4.4 и 10.1.4.5 при каждом из остальных значений h , аналогичным образом вычислить исправленные значения U_h , мВ;

- для каждого значения h (кроме 90°) вычислить поправочный множитель F_h по формуле:

$$F_h = U_{90} \cdot \sin h / U_h,$$

Значения поправочных множителей пиранометра при разных h должны быть в пределах, указанных в таблице 2.

Таблица 4 – Значения поправочных множителей

h , градус	10	15	20	30	40	50	70
F_h	от 0,86 до 1,20	от 0,88 до 1,16	от 0,89 до 1,13	от 0,92 до 1,09	от 0,93 до 1,08	от 0,95 до 1,06	от 0,97 до 1,03

10.1.4.10 По результатам измерений, выполненных для каждого из азимутальных направлений 90°, 180° и 270°, определить значения поправочных множителей F_A по формуле:

$$F_A = U_{90} \cdot \sin 20^\circ / U_A,$$

где U_A - исправленное на место нуля показание головки по результатам измерений при данном азимутальном направлении A и $h=20^\circ$, мВ.

10.1.4.11 Результаты считать положительными, если значение полученных множителей находятся в пределах, указанных в таблице 4.

10.2 Определение метрологических характеристик при измерении радиационного баланса (с балансомером ПЕЛЕНГ СФ-08-21, далее - балансомер)

10.2.1 Определение разности коэффициентов преобразования сторон (асимметрии преобразователя)

Проведите определение разности коэффициентов преобразования сторон (асимметрии преобразователя радиационного баланса балансомера, далее – преобразователь радиационного баланса) на установке актинометрической ПО-4 путем сравнения с эталонным актинометром либо в естественных условиях по Солнцу путем сличений с эталонным актинометром.

10.2.1.1 На установке актинометрической ПО-4 проведите измерения в следующем образом:

10.2.1.1.1 Включите светоизмерительную лампу, 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 проверки напряжение на светоизмерительной лампе поддерживайте постоянным с погрешностью не более $\pm 0,2$ В.

10.2.1.1.2 Установите эталонный актинометр нормально к направлению светового потока, подключите его к вольтметру, выдержите освещенным не менее 2 мин. Затените затеняющим экраном и через 1 мин снимают отсчет n_0 .

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

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

10.2.1.1.5 Поверяемый преобразователь радиационного баланса выдержите освещенным не менее 2 мин, затените и через 1 мин снимите отсчет n_1 , мВ.

10.2.1.1.6 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} .

10.2.1.1.7 Установите преобразователь радиационного баланса 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} .

10.2.1.1.8 Установите эталонный актинометр, аналогично указанному в пунктах 10.2.1.1.2, 10.2.1.1.3 проведите измерения при закрытом и открытом эталонном актинометре, повторно получив значения n_0 и U_{oi} .

10.2.1.9 Из двух серий измерений по эталонному актинометру найдите среднее арифметическое \bar{U}_0 , мВ по формуле:

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

10.2.1.1.10 Вычислите значения коэффициентов преобразования K_1 и K_2 для каждой стороны преобразователя, мВ м²/кВт, по формулам

$$K_1 = K_0 (\bar{U}_{m1} - n_1) / \bar{U}_0, \quad (2)$$

$$K_2 = K_0 (\bar{U}_{m2} - n_2) / \bar{U}_0, \quad (3)$$

где K_0 - значение коэффициента преобразования эталонного актинометра, мВ м²/кВт;

\bar{U}_0 - значение, полученное по формуле (5) 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.

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

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

$$\Delta K = \frac{(K_1 - K_2)}{\bar{K}} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где \bar{K} – среднее значение коэффициента преобразования преобразователя, мВ м²/кВт.

10.2.1.1.13 Результаты считаются положительными, если значения коэффициентов преобразования преобразователя радиационного баланса составляют не менее 7 мВ м²/кВт, а значение асимметрии не превышает ± 5 %.

10.2.1.2 Определение коэффициента преобразования преобразователь радиационного баланса в естественных условиях приведите путем сличения его показаний с эталонным актинометром при отсутствии облаков в телесном угле радиусом не менее 5° от центра солнечного диска. Высота солнца над горизонтом должна быть не менее 10°. Во время сличений в атмосфере не должно быть заметных глазом дыма, пыли и тумана.

Выполните измерения в следующем порядке:

10.2.1.2.1 Установите преобразователь радиационного баланса, пользуясь переходным кольцом, в трубу ПО-11 стороной 1 вверх. На нижний конец трубы наденьте насадку. Подключите преобразователь радиационного баланса и эталонный актинометр к

вольтметру. Открывают трубу ПО-11 и эталонный актинометр, сняв с них крышки, нацеливают на солнце и выдерживают 2 мин, корректируя нацеливание.

10.2.1.2.2 Закройте эталонный актинометр и трубу ПО-11 крышками и через 1 мин снимите показания вольтметра для преобразователя n_i и эталонного актинометра n_0 .

10.2.1.2.3 Откройте трубу ПО-11 и эталонный актинометр, нацельте их на Солнце. Через 1 мин, корректируя нацеливание, снимите синхронные показания преобразователя (U_{mi}) и эталонного актинометра (U_{0i}), мВ.

10.2.1.2.4 Повторите измерения при закрытой и открытой трубе ПО-11 (по пунктам 10.2.1.2.2 и 10.2.1.2.3) 10 раз. Закончите измерениями при закрытой трубе ПО-11.

При этом закройте крышкой эталонный актинометр и снимите по нему отсчет n_{01} , n_{02} только в начале и в конце серии соответственно, вычислите среднее арифметическое \bar{n}_0 по формуле:

$$\bar{n}_0 = \frac{n_{01} + n_{02}}{2} \quad (5)$$

10.2.1.2.5 Установив преобразователь радиационного баланса в трубе ПО-11 стороной 2 вверх, выполните измерения в порядке, аналогичном изложенному в пп. 10.2.2.1-10.2.2.4.

10.2.1.2.6 Для каждого отсчета U_{mi} , полученного при открытой трубе по п. 10.2.2.3, вычислите среднее арифметическое \bar{n}_m из двух соседних значений n_i и n_{i+1} , между которыми выполнен отсчет U_{mi} по формуле:

$$\bar{n}_m = \frac{n_i + n_{i+1}}{2} \quad (6)$$

10.2.1.2.7 Вычислите значения коэффициента преобразования K_i , мВ м²/кВт, для каждого измеренного значения U_{mi} , по формуле:

$$K_i = K_0 \frac{(U_{mi} - \bar{n}_m)}{(U_{0i} - \bar{n}_0)} \quad (7)$$

где K_0 – коэффициент преобразования эталонного актинометра, мВ м²/кВт;

\bar{n}_m – среднее арифметическое показание преобразователя при закрытой трубе ПО-11 согласно п. 10.2.1.2.6;

U_{0i} – отсчет по эталонному актинометру, выполненный синхронно с данным отсчетом U_{mi} по преобразователю при открытой трубе, мВ;

\bar{n}_0 – среднее арифметическое из двух отсчетов по актинометру, закрытому крышкой, выполненных пп. 10.2.1.2.2, 10.2.1.2.4, мВ.

10.2.1.2.8 Вычислите коэффициент преобразования \bar{K}_1 , \bar{K}_2 каждой стороны, как среднее арифметическое по формулам:

$$\bar{K}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{10} K_i}{10} \quad \bar{K}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{10} K_i}{10} \quad (8)$$

10.2.1.2.9 Вычислите коэффициент преобразования \bar{K} как среднее арифметическое \bar{K}_1 , \bar{K}_2

10.2.1.2.10 Вычислите разницу коэффициентов преобразования сторон ΔK , %, по формуле:

$$\Delta K = \frac{(\bar{K}_1 - \bar{K}_2)}{\bar{K}} \cdot 100 \%, \quad (9)$$

где \bar{K} – среднее значение коэффициента преобразования преобразователя, мВ м²/кВт.

10.2.1.2.11 Результаты считаются положительными, если значения коэффициентов преобразования преобразователя радиационного баланса составляют не менее 7 мВ м²/кВт, а значение асимметрии не превышает ± 5 %.

10.2.2 Определение относительной погрешности измерений энергетической освещенности

10.2.2.1 В настройках ПО выберите поверяемый прибор и установить коэффициент преобразования, вычисленный в 10.2.1.1.11 или в 10.2.1.2.9.

10.2.2.2 Установите на лампе мощность, соответствующую энергетической освещенности – 400 Вт/м².

10.2.2.3 Установите эталонный актинометр при помощи штатива на поворотный столик перпендикулярно к направлению светового потока. Подключите к вольтметру и выдержите освещенным не менее 2 мин.

10.2.2.4 Снимите 10 значений напряжения U_{0i} и рассчитайте соответствующие значения энергетической освещенности $I_{этi}$, из которых вычислить среднее значение $\bar{I}_{эт}$.

10.2.2.5 Снимите эталонный актинометр и установите преобразователь радиационного баланса перпендикулярно оптической оси установки таким образом, чтобы центр приемной поверхности расположился в той же точке пространства, что и эталонного актинометра.

10.2.2.6 Выдержите его освещенным не менее 2 мин. Снимите 10 измерений $I_{измi}$, из которых вычислить среднее значение $\bar{I}_{изм}$.

10.2.2.7 Вычислите относительную погрешность измерений радиационного баланса по формуле:

$$\delta I = \frac{\bar{I}_{изм} - \bar{I}_{эт}}{\bar{I}_{эт}} \cdot 100 \%,$$

10.2.2.8 Повторите п. 10.2.2.3 – 10.2.2.7, устанавливая значения энергетической освещенности, равномерно распределенных по диапазону.

10.2.2.9 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$\delta I \leq \pm 10 \%.$$

10.3 Определение метрологических характеристик при измерении прямой энергетической освещенности (с актинометром ПЕЛЕНГ СФ-12-21, далее - актинометр)

10.3.1 Определение коэффициента преобразования при нормальном падении радиации производить в следующем порядке:

10.3.1.1 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 $\pm 0,2 \text{ В}$.

10.3.1.2 Установить эталонный актинометр при помощи штатива на поворотный столик перпендикулярно к направлению светового потока. Подключить к вольтметру и выдерживать освещенным не менее 2 мин, затем затенить затеняющим экраном и через 2 мин снять показания вольтметра n_0 при затененном актинометре.

10.3.1.3 Убрать экран и не менее, чем через 2 мин, снять три значения напряжения U_{0i} , из которых вычислить среднее значение \bar{U}_0 сигнала эталонного актинометра.

10.3.1.4 Измерить значение n_0 после снятия показаний в соответствии с п. 10.3.1.2 и вычислить среднее значение \bar{n}_0 .

10.3.1.5 Снять эталонный актинометр и установить поверяемый преобразователь актинометра ПЕЛЕНГ СФ-12-21 (далее – преобразователь) перпендикулярно оптической оси установки таким образом, чтобы центр ее приемной поверхности расположился в той же точке пространства, что и эталонного актинометра.

10.3.1.6 Подключить к вольтметру и выдержать преобразователь освещенным не менее 2 мин, затем закрыть преобразователь крышкой и через 2 мин измерить значение места нуля n_n , мВ.

10.3.1.7 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 .

10.3.1.8 Измерить значение n_n после снятия показаний в соответствии с п. 10.3.1.6 и вычислить среднее значение \bar{n}_n .

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

$$K = K_0 (\bar{U}_m - \bar{n}_n) / (\bar{U}_0 - \bar{n}_0),$$

где K_0 – значение коэффициента преобразования эталонного актинометра, $\text{мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$;
 \bar{U}_m ; \bar{U}_0 – среднее значение отсчета при освещении поверяемого преобразователя и эталонного актинометра соответственно, мВ;

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

10.3.1.10 Результаты считать положительными, если значение полученного коэффициента преобразования не менее $4 \text{ мВ} \cdot \text{м}^2 / \text{кВт}$ и отличается от указанного в паспорте не более, чем на $\pm 3 \%$.

10.3.2 Определение относительной погрешности измерений прямой энергетической освещенности

10.3.2.1 В настройках ПО установить коэффициент преобразования, вычисленный по формуле из п. 10.3.19.

10.3.2.2 Установить на лампе мощность, соответствующую энергетической освещенности – 400 Вт/м^2 .

10.3.2.3 Установить эталонный актинометр при помощи штатива на поворотный столик перпендикулярно к направлению светового потока. Подключить к вольтметру и выдерживать освещенным не менее 2 мин.

10.3.2.4 Снять 10 значений напряжения U_{0i} и рассчитать энергетическую освещенность $I_{эти}$, из которых вычислить среднее значение $\bar{I}_{эт}$.

10.3.2.5 Снять эталонный актинометр и установить поверяемый преобразователь 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 Установить поверяемый преобразователь. Выдержать его освещенным не менее 2 мин и снять 10 измерений $I_{измi}$, из которых вычислить среднее значение $\bar{I}_{изм}$.

10.3.2.7 Вычислить относительную погрешность измерений прямой энергетической освещенности по формуле:

$$\delta I = \frac{\bar{I}_{изм} - \bar{I}_{эт}}{\bar{I}_{эт}} \cdot 100 \%,$$

10.3.2.8 Повторить п. 10.3.2.3 – 10.3.2.7, устанавливая значения энергетической освещенности, равномерно распределенных по диапазону.

10.3.2.9 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$\delta I \leq \pm 3 \%.$$

10.3.3 Определение коэффициента преобразования в естественных условиях

10.3.3.1 Определение коэффициента преобразования в естественных условиях производить в следующем порядке:

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

10.3.3.2 Подключить поверяемый преобразователь и эталонный актинометр к вольтметру. Затенить и через 2 мин снять показания n_0 эталонного актинометра и n_n поверяемого актинометра.

10.3.3.3 Нацелить на Солнце эталонный актинометр и поверяемый преобразователь и через 2 мин снять 10 пар синхронных показаний вольтметра U_{mi} поверяемого преобразователя и U_{0i} эталонного актинометра, из которых вычислить среднее арифметическое значение \bar{U}_m и \bar{U}_0 .

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

$$K = K_0 (\bar{U}_m - \bar{n}_n) / (\bar{U}_0 - \bar{n}_0),$$

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

\bar{U}_m ; \bar{U}_0 - среднее значение отсчета поверяемого преобразователя и эталонного актинометра соответственно, мВ;

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

10.3.3.5 Результаты считать положительными, если значение полученного коэффициента преобразования не менее $4 \text{ мВ} \cdot \text{м}^2/\text{кВт}$ и отличается от указанного в паспорте (предыдущим свидетельстве о поверке), не более, чем на $\pm 3 \%$.

10.3.3.6 В настройках ПО установить коэффициент преобразования, вычисленный по формуле из п. 10.3.3.4.

10.3.3.7 Нацелить на Солнце эталонный актинометр, подключенный к вольтметру, и трубу ПО-11 и через 2 мин снять 10 пар синхронных показаний напряжения U_{0i} эталонного актинометра и энергетической освещенности $I_{измi}$, из которых вычислить среднее значение \overline{U}_0 и $\overline{I}_{изм}$.

10.3.3.8 Рассчитать среднюю энергетическую освещенность эталонного актинометра $\overline{I}_{эт}$.

10.3.3.9 Вычислить относительную погрешность измерений прямой энергетической освещенности по формуле:

$$\delta I = \frac{\overline{I}_{изм} - \overline{I}_{эт}}{\overline{I}_{эт}} \cdot 100 \%,$$

10.3.3.10 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$\delta I \leq \pm 3 \%$$

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

В результате анализа характеристик, полученных в результате поверки, делается вывод о пригодности дальнейшего использования средства измерений. Критериями пригодности являются соответствие погрешностей средства измерений пп. 10.1.1.11, 10.1.2.8, 10.1.1.13, 10.2.1.1.13, 10.2.2.9, 10.3.1.10, 10.3.2.9, 10.3.3.10 настоящей методики поверки.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Сведения о результатах поверки станций СФ-14-21 передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке. Знак поверки при необходимости наносится на свидетельство о поверке.

12.2 Протокол оформляется по запросу.