

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

СОГЛАСОВАНО



Генеральный директор  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»  
\_\_\_\_\_ А.Н. Пронин

М.п. «15» августа 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Комплексы автоматизированные актинометрические МКС-М6А  
**Методика поверки**

МП 254-0164-2022

И.о. руководителя научно-исследовательского  
отдела госэталонов в области  
аэрогидрофизических параметров  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»  
\_\_\_\_\_ А.Ю. Левин

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

г. Санкт-Петербург  
2022 г.

## 1. Общие положения

Данная методика поверки распространяется на Комплексы автоматизированные актинометрические МКС-М6А (далее – комплексы МКС-М6А), предназначенные для автоматических измерений скорости воздушного потока, продолжительности солнечного сияния, прямой, суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности солнечным излучением (солнечной радиации) и радиационного баланса.

Методикой поверки должна обеспечиваться прослеживаемость комплексов МКС-М6А к государственным первичным эталонам единиц величин: к Государственному первичному эталону единиц радиометрических и спектрорадиометрических величин в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм (ГЭТ 86-2017), Государственному первичному эталону единиц времени, частоты и национальной шкалы времени (ГЭТ1-2022), Государственному первичному специальному эталону единицы скорости воздушного потока (ГЭТ150-2012).

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки - непосредственное сличение.

Комплексы МКС-М6А подлежат первичной и периодической поверке. Методикой поверки предусмотрена поверка для меньшего числа измерительных каналов и/или на меньшем числе поддиапазонов измерений, с обязательным занесением данной информации в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Примечания:

1) В случае выхода из строя измерительного преобразователя комплекса МКС-М6А в течение интервала между поверками, допускается проводить ремонт вышедшего из строя измерительного преобразователя или его замену на однотипный, исправный, с проведением поверки измерительного канала (ИК), в котором проводилась замена/ремонт измерительного преобразователя, в объеме операций первичной поверки.

2) В случае добавления новых ИК к существующему комплексу МКС-М6А, имеющему действующую поверку, необходимо проведение поверки только вновь добавленных ИК в соответствии с утвержденной методикой поверки в объеме операций первичной поверки.

3) Результаты поверки комплекса МКС-М6А по пунктам 1) и/или 2) примечаний оформляются в установленном порядке.

## 2. Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 1 – Перечень операций поверки средства измерений

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Контроль условий поверки	да	да	8.1
Опробование	да	да	8.6
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	9
Определение метрологических характеристик: - канала измерений суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности	да	да	10.1.1; 10.2.1
- канала измерений прямой энергетической освещенности	да	да	10.1.2; 10.2.2
- канала измерений радиационного баланса	да	да	10.1.3; 10.2.3

Продолжение таблицы 1

- канала измерений продолжительности солнечного сияния	да	да	10.1.4; 10.2.4
- канала измерений скорости воздушного потока	да	да	10.1.5-10.1.6
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	11

2.1 При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки в лабораторных условиях 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.

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

- высота Солнца над горизонтом	не менее 15°;
- скорость ветра, м/с	не более 4;
- температура воздуха, °С	от +10 до +35;
- относительная влажность воздуха, %	не более 80;
- атмосферное давление, гПа	от 700 до 1050

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 поверки и эксплуатационную документацию (далее ЭД), прилагаемую к комплексам МКС-М6А.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

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 25 до 90 %, с погрешностью не более ±10%; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 700 до 1060 гПа, с абсолютной погрешностью не более ±2,5 гПа;	Термогигрометр ИВА-6, мод. ИВА-6Н-Д, рег. номер №82393-21

Продолжение таблицы 2

<p>п. 10.1.1, 10.2.1 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности</p>	<p>Эталоны единицы энергетической освещенности и средства измерений, соответствующие требованиям, предъявляемым к эталонам не ниже 2 разряда по Государственной поверочной схеме 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, спектральной плотности потока излучения в диапазоне длин волн от 0,25 до 2,5 мкм, энергетической освещенности и энергетической яркости монохроматического излучения в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,6 мкм, спектральной плотности потока излучения возбуждения флуоресценции в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,8 мкм и спектральной плотности потока излучения эмиссии флуоресценции в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,85 мкм, утвержденной приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2815 (часть 2)</p>	<p>- Рабочий эталон 2-го разряда (пиранометр) единицы энергетической освещенности солнечным излучением в диапазоне от 0,01 до 1,6 кВт/м<sup>2</sup>; - Рабочий эталон 2-го разряда (актинометр) единицы энергетической освещенности солнечным излучением в диапазоне от 0,4 до 1,1 кВт/м<sup>2</sup>; - Секундомер механический СОПр, рег. номер 11519-11; - Вольтметры универсальные цифровые мод. GDM-8135, GDM-8145, рег. номер 34295-07; - Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570; - Труба поверочная ПО-11, угол зрения (центральный) 10°.</p>
<p>п. 10.1.2, 10.2.2 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений прямой энергетической освещенности</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>- Рабочий эталон 2-го разряда (актинометр) единицы энергетической освещенности солнечным излучением в диапазоне от 0,4 до 1,1 кВт/м<sup>2</sup>; - Секундомер механический СОПр, рег. номер 11519-11; - Вольтметры универсальные цифровые мод. GDM-8135, GDM-8145, рег. номер 34295-07; - Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570; - Труба поверочная ПО-11, угол зрения (центральный) 10°.</p>
<p>п. 10.1.3, п. 10.2.3 Проверка диапазона и определение относительной погрешности радиационного баланса</p>	<p>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. Труба поверочная ПО-11, угол зрения (центральный) 10°.</p>	<p>- Рабочий эталон 2-го разряда (актинометр) единицы энергетической освещенности солнечным излучением в диапазоне от 0,01 до 1,6 кВт/м<sup>2</sup>; - Секундомер механический СОПр, рег. номер 11519-11; - Вольтметр универсальный цифровой мод. GDM-8135, GDM-8145, рег. номер 34295-07; - Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570; - Труба поверочная ПО-11, угол зрения (центральный) 10°.</p>

Продолжение таблицы 2

<p>п. 10.1.4, п. 10.2.4 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений продолжительности солнечного сияния</p>	<p>Средства измерений энергетической освещенности, диапазон измерений от 0,01 до 1,6 кВт/м<sup>2</sup>, относительная погрешность не более ±10 %</p> <p>Средства измерений интервалов времени, длительность интервала 1800 с, абсолютная погрешность не более ±4,8 с</p> <p>Вспомогательное оборудование: Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570.</p>	<p>- Пиранометры СМР6 и СМР21, рег. номер 48281-11; - Секундомер механический СОПр, рег. номер 11519-11; - Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570.</p>
<p>п. 10.1.5-10.1.6 Проверка диапазона и определение погрешности измерений скорости воздушного потока</p>	<p>Эталоны единицы скорости и направления воздушного потока и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам по Государственной поверочной схеме для средств измерений скорости воздушного потока, утвержденной приказом Росстандарта № 2815 от 25.11.2019 г., в диапазоне измерений от 1 до 55 м/с, абсолютной погрешностью не более ±(0,015+0,02·V) м/с</p>	<p>- Установка аэродинамическая АТ-60, рег. № 84585-22</p> <p>- Комплекс поверочный портативный КПП-4М, рег. номер № 83728-21</p>
<p><i>Примечание:</i></p> <p>1. Средства поверки должны быть поверены, эталоны – аттестованы.</p> <p>2. Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик с требуемой точностью</p>		

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

- требования безопасности по ГОСТ 12.3.019;
- требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации;
- в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки достаточно одного специалиста.

7. Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие комплекса МКС-М6А следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида СИ в описании типа СИ;
- маркировка должна быть целой, четкой, хорошо читаемой;
- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа СИ;
- комплектность должна соответствовать эксплуатационной документации на комплекс МКС-М6А;
- комплексы МКС-М6А 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 Проверьте комплектность комплекса МКС-М6А.

8.3 Проверьте электропитание комплекса МКС-М6А.

8.4 Подготовьте к работе и включите измерительные преобразователи из состава комплекса МКС-М6А согласно ЭД (перед началом проведения поверки комплекс МКС-М6А должен проработать не менее 1 часа).

8.5 Убедитесь, что для механических измерительных преобразователей скорости воздушного потока момент трогания подшипников и характеристики вертушек, флюгарок соответствуют установленным в ЭД.

8.6 Опробование комплекса МКС-М6А должно осуществляться в следующем порядке:

8.6.1 При опробовании комплекса МКС-М6А устанавливается работоспособность в соответствии с ЭД.

8.6.2 Включите центральное устройство и проверьте его работоспособность.

8.6.3 Проведите проверку работоспособности измерительных преобразователей, вспомогательного и дополнительного оборудования комплекса МКС-М6А.

8.6.4 Контрольная индикация должна указывать на работоспособность центрального устройства, измерительных преобразователей, вспомогательного и дополнительного оборудования.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения производится в следующем порядке:

9.1.1 Идентификация автономного ПО осуществляется путем проверки номера версии ПО.

9.1.2 Для идентификации номера версии автономного ПО «ААКАgent» необходимо в рабочем поле программы считать версию ПО в вкладке «О Программе».

Номер версии ПО «АРМ оператора ААК» отображается внизу окна программы.

9.1.3 Результаты идентификации программного обеспечения считают положительными, если номер версии ПО соответствует данным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
Идентификационное наименование ПО	ААКАgent	«АРМ оператора ААК»
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 1.0	не ниже 1.0

10. Определение метрологических характеристик

В лабораторных условиях поверку проводят в следующей последовательности:

10.1 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности производить в следующем порядке:

10.1.1 Определить коэффициент преобразования при нормальном падении радиации для первичного преобразователя ИК суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности из состава комплекса МКС-М6А

10.1.1.1 Включить лампу установки ПО-4, 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  $\pm 0,2 \text{ В}$ .

10.1.1.2 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 затеняющим экраном и через 2 мин снять показания вольтметра  $p_0$  при затененном пиранометре.

10.1.1.3 Убрать экран и не менее, чем через 2 мин, снять десять значения напряжения  $U_{oi}$ , из которых вычислить среднее значение  $\bar{U}_o$  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 поверяемый первичный преобразователь ИК суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности из состава комплекса МКС-М6А (поверяемый пиранометр) 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, затенить и через 2 мин снять показания вольтметра  $p_n$  при затененной головке.

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

10.1.1.8 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 поверяемый пиранометр и установить эталонный пиранометр. Повторить п. 10.1.1.2 – 10.1.1.4.

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

$$K = K_o (\bar{U}_m - \bar{p}_n) / (\bar{U}_o - \bar{p}_0), \quad (1)$$

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

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

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

10.1.1.11 В настройках ПО установить коэффициент преобразования.

10.1.1.12 Установить на лампе мощность, соответствующую энергетической освещенности не ниже  $400 \text{ Вт/м}^2$ .

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

10.1.1.14 Снять 10 значений напряжения  $U_{oi}$  и рассчитать энергетическую освещенность  $E_{эти}$ , из которых вычислить среднее значение  $\bar{E}_{эт}$ .

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

10.1.1.16 Выдержать его освещенным не менее 2 мин. Снять 10 измерений  $E_{измi}$ , из которых вычислить среднее значение  $\bar{E}_{изм}$ .

10.1.1.17 Вычислить относительную погрешность измерений суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности по формуле:

$$\delta E = \frac{\bar{E}_{изм} - \bar{E}_{эт}}{\bar{E}_{эт}} \cdot 100 \% \quad (2)$$

10.1.1.18 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$|\delta E| \leq 11 \%$$

10.1.2 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений прямой энергетической освещенности производить в следующем порядке:

10.1.2.1 Подготовить к работе первичный преобразователь ИК прямой энергетической освещенности комплекса МКС-М6А (поверяемый актинометр) согласно ЭД.

10.1.2.2 Определить по п. 10.1.1.1-10.1.1.10 коэффициент преобразования, заменив эталонный пиранометр на эталонный актинометр и установить его в настройках ПО.

10.1.2.3 Установить на лампе мощность, соответствующую энергетической освещенности – 400 Вт/м<sup>2</sup>.

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

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

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

10.1.2.7 Выдержать его освещенным не менее 2 мин и снять 10 измерений  $E_{измi}$ , из которых вычислить среднее значение  $\bar{E}_{изм}$ .

10.1.2.8 Вычислить относительную погрешность измерений прямой энергетической освещенности по формуле:

$$\delta E = \frac{\bar{E}_{изм} - \bar{E}_{эт}}{\bar{E}_{эт}} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

10.1.2.9 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$|\delta E| \leq 4 \%$$

10.1.3 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений радиационного баланса производить в следующем порядке:

10.1.3.1 Установить на лампе мощность, соответствующую энергетической освещенности не ниже 400 Вт/м<sup>2</sup>.

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

10.1.3.3 Убрать затеняющий экран и не менее чем через 2 мин снимите три отсчета  $U_{0i}$ .

10.1.3.4 Снять эталонный актинометр и установить первичный преобразователь ИК радиационного баланса комплекса МКС-М6А (поверяемый балансомер) 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.

10.1.3.5 Поверяемый балансомер выдержать освещенным не менее 2 мин, затените и через 1 мин снимите отсчет  $n_1$ , мВ.

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

10.1.3.7 Установить 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  $\bar{U}_{m2}$ .

10.1.3.8 Установить эталонный актинометр, аналогично указанному в пунктах 10.1.3.2, 10.1.3.3 проведите измерения при закрытом и открытом эталонном актинометре, повторно получив значения  $n_0$  и  $U_{0i}$ .

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

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



10.3.1.10 Вычислите значения коэффициентов преобразования  $K_1$  и  $K_2$  для каждой стороны преобразователя, мВ м<sup>2</sup>/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, мВ м<sup>2</sup>/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 поверяемого балансомера, мВ.

$n_1, n_2$  — отсчеты при затенении сторон 1 и 2 поверяемого балансомера, мВ.

10.1.3.11 В настройках ПО выберите поверяемый прибор и установите коэффициент преобразования, вычисленный по формулам (5) и (6).

10.1.3.12 Установить на лампе мощность, соответствующую энергетической освещенности – 400 Вт/м<sup>2</sup>.

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

10.1.3.14 Снять 10 значений напряжения  $U_{0i}$  и рассчитайте соответствующие значения энергетической освещенности  $E_{эти}$ , из которых вычислить среднее значение  $\bar{E}_{эт}$ .

10.1.3.15 Снять эталонный актинометр и установить поверяемый балансомер стороной 1 перпендикулярно оптической оси установки таким образом, чтобы центр приемной поверхности расположился в той же точке пространства, что и эталонного актинометра.

10.1.3.16 Выдержать его освещенным не менее 2 мин. Снимите 10 измерений  $E_{изми}$ , из которых вычислить среднее значение  $\bar{E}_{изм}$ .

10.1.3.17 Вычислите относительную погрешность измерений радиационного баланса по формуле:

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

10.1.3.18 Повторить п. 10.1.3.13 – 10.1.3.17, установив поверяемый балансомер стороной 2.

10.1.3.19 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

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

10.1.4 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений продолжительности солнечного сияния

10.1.4.1 Установить первичный преобразователь ИК продолжительности солнечного сияния комплекса МКС-М6А при помощи штатива на поворотный столик актинометрической установки ПО-4 перпендикулярно к направлению светового потока.

10.1.4.2 Включить лампу и установить на ней мощность, соответствующую энергетической освещенности – 400 Вт/м<sup>2</sup>.

10.1.4.3 При достижении показаний выше 400 Вт/м<sup>2</sup> запустить секундомер.

10.1.4.4 При понижении показаний ниже 400 Вт/м<sup>2</sup> остановить секундомер.

10.1.4.5 Снять показания продолжительности солнечного сияния по секундомеру  $t_{эти}$  и измеренные комплексом МКС-М6А,  $t_{изми}$ .

10.1.4.6 Повторить п. 10.1.4.3-10.1.4.5 не менее пяти раз.

10.1.4.7 Вычислите относительную погрешность измерений продолжительности солнечного сияния по формуле:

$$\delta t = \frac{t_{изм} - t_{эти}}{t_{эти}} \cdot 100 \% \quad (8)$$

10.1.4.8 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

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

10.1.5 Первичная проверка диапазона и определение погрешности измерений скорости воздушного потока выполняется в следующем порядке:

10.1.5.1 Поместите в рабочую зону установки аэродинамической АТ-60 первичный преобразователь ИК скорости воздушного потока из состава комплекса МКС-М6А.

10.1.5.2 Задать установкой аэродинамической АТ-60 значения скорости воздушного потока в пяти точках, равномерно распределённых по диапазону измерений,  $V_{этi}$ .

10.1.5.3 На каждом заданном значении фиксируйте показания  $V_{измi}$  комплекса МКС-М6А.

10.1.5.4 Вычислить для соответствующих диапазонов абсолютную и относительную погрешность комплекса МКС-М6А по каналу измерений скорости воздушного потока по соответствующим формулам:

$$\Delta V_i = V_{измi} - V_{этi} \quad (9)$$

$$\delta V_i = \frac{V_{изм} - V_{эт}}{V_{эт}} \cdot 100 \% \quad (10)$$

10.1.5.5 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$|\Delta V_i| \leq 0,5 \text{ м/с, в диапазоне от 0,5 до 5 м/с, включ.,}$$

$$|\delta V_i| \leq 10 \%, \text{ в диапазоне св. 5 до 55 м/с.}$$

10.1.6 Допускается проведение периодической поверки комплекса МКС-М6А в условиях эксплуатации по каналу измерений скорости воздушного потока с первичными преобразователями механического принципа в следующем порядке.

10.1.6.1 Присоедините раскручивающее устройство из состава комплекта поверочного портативного КПП-4М к первичному преобразователю ИК скорости воздушного потока из состава комплекса МКС-М6А.

10.1.6.2 Установите на пульте управления КПП-4М значения частоты вращения оси раскручивающего устройства в пяти точках равномерно распределённых по диапазону измерений (соответствие частоты вращения и скорости воздушного потока указано в таблицах 4-6).

Таблица 4 – Эквивалентные значения скорости воздушного потока для измерительных преобразователей WAA151, WAA252

Значение частоты вращения, об/мин	Эквивалентные значения скорости воздушного потока, м/с
20	0,5
100	2,3
200	4,6
500	11,5
2000	46,0
2500	57,5

Таблица 5 – Эквивалентные значения скорости воздушного потока для измерительных преобразователей Пеленг СФ-03

Значение частоты вращения, об/мин	Эквивалентные значения скорости воздушного потока, м/с
15	1,53
30	3,05
50	4,89
160	14,97
324	30,01
597	55

Таблица 6 – Эквивалентные значения скорости воздушного потока для измерительных преобразователей Young

Значение частоты вращения, об/мин	Эквивалентные значения скорости воздушного потока, м/с	
	05103	05108
100	0,5	0,83
400	1,96	3,33
600	–	5,00
900	4,41	–
2500	12,25	20,83
4000	–	33,32
6000	29,40	–
6500	–	54,15
11000	53,90	–

10.1.6.3 На каждой имитируемой скорости воздушного потока фиксируйте значения, измеренные комплексом МКС-М6А,  $V_{изм}$  и значения эталонные,  $V_{эт}$  из таблиц 4-6 в зависимости от установленной на пульте КПП-4М частоты вращения. Вычислите абсолютную и относительную погрешность комплекса МКС-М6А по каналу измерения скорости воздушного потока по формуле:

$$\Delta V_i = V_{измi} - V_{этi} \quad (11)$$

$$\delta V_i = \frac{V_{изм} - V_{эт}}{V_{эт}} \cdot 100 \% \quad (12)$$

10.1.6.4 Результаты считать положительными, если выполняются условия:

$$|\Delta V_i| \leq 0,5 \text{ м/с, в диапазоне от } 0,5 \text{ до } 5 \text{ м/с, включ.},$$

$$|\delta V_i| \leq 10 \% \text{, в диапазоне св. } 5 \text{ до } 55 \text{ м/с.}$$

10.2 В естественных условиях поверку проводят в следующей последовательности:

10.2.1 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности производится в следующем порядке:

10.2.1.1 Определить коэффициент преобразования в естественных условиях:

10.2.1.2 Установить поверяемый пиранометр в трубу ПО-11, а эталонный актинометр в непосредственной близости, и разместите на открытом участке таким образом, чтобы солнце находилось в прямой видимости в течении всего светового дня, снять с них крышки и выдержать нацеленными не менее 2 мин.

10.2.1.3 Затенить и через 2 мин снять показания  $p_0$  эталонного актинометра и  $p_n$  поверяемого пиранометра.

10.2.1.4 Убрать затеняющий экран и через 2 мин снять 10 пар синхронных показаний вольтметра  $U_{mi}$  поверяемого пиранометра и  $U_{0i}$  эталонного актинометра, из которых вычислить среднее арифметическое значение  $\bar{U}_m$  и  $\bar{U}_0$ .

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

$$K = K_0 (\bar{U}_m - \bar{n}_n) / (\bar{U}_0 - \bar{n}_0), \quad (13)$$

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 пиранометра и эталонного актинометра соответственно, мВ;

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

10.2.1.6 Установить коэффициент преобразования, определенный по формуле (13) в настройках ПО.

10.2.1.7 В течении светового дня снять не менее трех серий энергетической освещенности эталонного актинометра  $U_{эi}$  и поверяемого пиранометра  $U_{пi}$  из которых вычислите среднее значения  $\bar{E}_{эт}$  и  $\bar{E}_{изм}$  соответственно.

10.2.1.8 Вычислите относительную погрешность комплекса МКС-М6А  $\delta E$ , по каналу измерений суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности по формуле:

$$\delta E = \frac{\bar{E}_{изм} - \bar{E}_{эт}}{\bar{E}_{эт}} \cdot 100 \%, \quad (14)$$

10.2.1.9 Результаты считаются положительными, если относительная погрешность МКС-М6А по каналу измерений суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности не превышает:

$$|\delta E| \leq 11 \%$$

10.2.2 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений прямой энергетической освещенности производится в следующем порядке:

10.2.2.1 Определить коэффициент преобразования

10.2.2.2 Эталонный актинометр и первичный преобразователь ИК прямой энергетической освещенности комплекса МКС-М6А (поверяемый актинометр) нацелить на Солнце, снять с них крышки и выдержать нацеленными не менее 2 мин.

10.2.2.3 Затенить и через 2 мин снять показания  $p_0$  эталонного актинометра и  $p_n$  поверяемого актинометра.

10.2.2.4 Снять затеняющий экран и через 2 мин снять 10 пар синхронных показаний вольтметра  $U_{mi}$  поверяемого актинометра и  $U_{oi}$  эталонного актинометра, из которых вычислить среднее арифметическое значение  $\bar{U}_m$  и  $\bar{U}_o$ .

10.2.2.5 Вычислить значение коэффициента преобразования  $K$ , мВ·м<sup>2</sup>/кВт, поверяемого актинометра по формуле:

$$K = K_0 (\bar{U}_m - \bar{n}_n) / (\bar{U}_o - \bar{n}_0), \quad (15)$$

где  $K_0$  – значение коэффициента преобразования эталонного актинометра, мВ·м<sup>2</sup>/кВт;

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

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

10.2.2.5 Разместить эталонный актинометр и поверяемый актинометр на открытом участке таким образом, чтобы солнце находилось в прямой видимости в течении всего светового дня.

10.2.2.6 Направить на Солнце, снять с них крышки и выдержать нацеленными не менее 2 мин.

10.2.2.7 В течении светового дня снять не менее трех серий прямой энергетической освещенности эталонного актинометра  $E_{эi}$  и поверяемого актинометра  $E_{пi}$  из которых вычислить средние значения  $\bar{E}_{эт}$  и  $\bar{E}_{изм}$  соответственно.

10.2.2.8 Вычислите относительную погрешность комплекса МКС-М6А  $\delta I$ , по каналу измерений прямой энергетической освещенности по формуле:

$$\delta E = \frac{\bar{E}_{изм} - \bar{E}_{эт}}{\bar{E}_{эт}} \cdot 100 \%, \quad (16)$$

10.2.2.9 Результаты считаются положительными, если относительная погрешность комплекса МКС-М6А по каналу измерений прямой энергетической освещенности не превышает:

$$|\delta E| \leq 4 \%$$

10.2.3 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений радиационного баланса производится в следующем порядке:

10.2.3.1 Определить коэффициент преобразования

10.2.3.2 Установить преобразователь, пользуясь переходным кольцом, в трубу ПО-11 стороной 1 вверх. На нижний конец трубы надеть насадку. Подключить первичный преобразователь ИК прямой энергетической освещенности комплекса МКС-М6А (преобразователь) и эталонный актинометр к вольтметру. Открыть трубу ПО-11 и эталонный актинометр, сняв с них крышки, нацелить на солнце и выдержать 2 мин, корректируя нацеливание.

10.2.3.2 Закрыть эталонный актинометр и трубу ПО-11 крышками и через 1 мин снять показания вольтметра для преобразователя  $n_i$  и эталонного актинометра  $n_0$ .

10.2.3.3 Открыть трубу ПО-11 и эталонный актинометр, нацелить их на Солнце. Через 1 мин, корректируя нацеливание, снять синхронные показания преобразователя ( $U_{mi}$ ) и эталонного актинометра ( $U_{0i}$ ), мВ.

10.2.3.4 Повторить измерения при закрытой и открытой трубе ПО-11 (по пунктам 10.2.3.2 и 10.2.3.3) 10 раз. Закончить измерениями при закрытой трубе ПО-11.

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

$$\bar{n}_0 = \frac{n_{01} + n_{02}}{2} \quad (17)$$

10.2.3.5 Установить преобразователь в трубе ПО-11 стороной 2 вверх и выполнить измерения в порядке, аналогичном изложенных в пп. 10.2.3.1-10.2.3.4.

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

$$\bar{n}_m = \frac{n_i + n_{i+1}}{2} \quad (18)$$

10.2.3.7 Вычислить значения коэффициента преобразования  $K_i$ , мВ м<sup>2</sup>/кВт, для каждого измеренного значения  $U_{mi}$ , по формуле:

$$K_i = K_0 \frac{(U_{mi} - \bar{n}_m)}{(U_{0i} - \bar{n}_0)} \quad (19)$$

где  $K_0$  – коэффициент преобразования эталонного актинометра, мВ м<sup>2</sup>/кВт;

$\bar{n}_m$  – среднее арифметическое показание преобразователя при закрытой трубе ПО-11 согласно п. 10.2.3.6;

$U_{0i}$  – 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. 10.2.3.2, 10.2.3.4, мВ.

10.2.3.8 Вычислить коэффициент преобразования  $\bar{K}_1$ ,  $\bar{K}_2$  каждой стороны, как среднее арифметическое по формулам:

$$\bar{K}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{10} K_i}{10} \quad \bar{K}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{10} K_i}{10} \quad (20)$$

10.2.3.9 В течении светового дня снять не менее трех серий энергетической освещенности эталонного актинометра  $E_{эт}$  и комплекса МКС-М6А  $E_{нi}$  из которых вычислить средние значения  $\bar{E}_{эт}$  и  $\bar{E}_{изм}$  соответственно.

10.2.3.10 Вычислить относительную погрешность комплекса МКС-М6А  $\delta E$ , по каналу измерений радиационного баланса по формуле:

$$\delta E = \frac{\bar{E}_{изм} - \bar{E}_{эт}}{\bar{E}_{эт}} \cdot 100 \% \quad (21)$$

10.2.3.11 Результаты считаются положительными, если относительная погрешность комплекса МКС-М6А по каналу измерений радиационного баланса не превышает:  
 $|\delta E| \leq 10 \%$ .

10.2.4 Проверка диапазона и определение относительной погрешности измерений продолжительности солнечного сияния производится в следующем порядке:

10.2.4.1 Установить пиранометр СМР6 и первичный преобразователь ИК продолжительности солнечного сияния комплекса МКС-М6А на открытом участке, таким образом, чтобы солнце находилось в прямой видимости в течении всего светового дня.

10.2.4.2 При достижении показаний пиранометром СМР6 выше  $120 \text{ Вт/м}^2$  запустить секундомер.

10.2.4.3 При понижении показаний пиранометром СМР6 ниже  $120 \text{ Вт/м}^2$  остановить секундомер.

10.2.4.4 Снять показания продолжительности солнечного сияния по секундомеру  $t_{\text{эти}}$  и измеренные комплексом МКС-М6А,  $t_{\text{измi}}$ .

10.2.4.5 Вычислить относительную погрешность измерений продолжительности солнечного сияния по формуле:

$$\delta t = \left( \frac{t_{\text{измi}} - t_{\text{эти}}}{t_{\text{эти}}} \right) \cdot 100 \% \quad (22)$$

10.2.4.6 Результаты считаются положительными, если относительная погрешность комплекса МКС-М6А по каналу измерений продолжительности солнечного сияния во всех выбранных точках не превышает:

$$|\delta t| \leq 10 \%$$

## 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 п. 10.1.1.18, 10.1.2.9, 10.1.3.19, 10.1.4.8, 10.1.5.5, 10.1.6.4, 10.2.1.9, 10.2.2.9, 10.2.3.11, 10.2.4.6 настоящей методики поверки.

## 12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в формуляр средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

12.2 Протокол оформляется по запросу.