

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/м²; - Рабочий эталон 2-го разряда (актинометр) единицы энергетической освещенности солнечным излучением в диапазоне от 0,4 до 1,1 кВт/м²; - Секундомер механический СОПпр, 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 – вольт, 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/м²; - Секундомер механический СОПпр, 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</p> <p>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/м²; - Секундомер механический СОПпр, 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/м², 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 $\pm(0,015+0,02 \cdot V)$ м/с</p>	<p>- Установка аэродинамическая АТ-60, рег. № 84585-22 - 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{n}_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{n}_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 , мВ·м²/кВт, головки по формуле:

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

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

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

\bar{n}_n ; \bar{n}_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 Вт/м².

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/м².

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/м².

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 p_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 p_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 p_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 p_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 м²/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 м²/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/м².

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 $E_{измi}$, 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/м².

10.1.4.3 При достижении показаний выше 400 Вт/м² запустить секундомер.

10.1.4.4 При понижении показаний ниже 400 Вт/м² остановить секундомер.

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

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 $\bar{E}_{эT}$ и $\bar{E}_{изм}$ соответственно.

10.2.1.8 Вычислите относительную погрешность комплекса МКС-М6А δE , по каналу измерений суммарной, отраженной, рассеянной энергетической освещенности по формуле:

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

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·м²/кВт, поверяемого актинометра по формуле:

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

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

\bar{n}_n ; \bar{n}_o – 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 $\bar{E}_{эT}$ и $\bar{E}_{изм}$ соответственно.

10.2.2.8 Вычислите относительную погрешность комплекса МКС-М6А δI , по каналу измерений прямой энергетической освещенности по формуле:

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

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, нацельте 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 м²/кВт, для каждого измеренного значения U_{mi} , по формуле:

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

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

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

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 $E_{э}$ и комплекса МКС-М6А $E_{п}$ из которых вычислить средние значения $\bar{E}_{эт}$ и $\bar{E}_{изм}$ соответственно.

10.2.3.10 Вычислить относительную погрешность комплекса МКС-М6А δE , 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 Вт/м² запустить секундомер.

10.2.4.3 При понижении показаний пиранометром СМР6 ниже 120 Вт/м² остановить секундомер.

10.2.4.4 Снять показания продолжительности солнечного сияния по секундомеру $t_{\Sigma TI}$ и измеренные комплексом МКС-М6А, $t_{\Sigma MI}$.

10.2.4.5 Вычислить относительную погрешность измерений продолжительности солнечного сияния по формуле:

$$\delta t = \left(\frac{t_{\Sigma MI} - t_{\Sigma TI}}{t_{\Sigma TI}} \right) \cdot 100 \% \quad (22)$$

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.