

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

08 февраля 2021 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Агрометеостанции автоматические АМК-02

Методика поверки
МП 2540-0098-2021

И.о. руководителя научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области
аэрогидрофизических параметров
А.Ю. Левин

Инженер 1 категории научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области
аэрогидрофизических параметров

П.К. Сергеев

Санкт-Петербург
2021 г.

1. Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на агрометеостанции автоматические АМК-02 (далее – станции АМК-02), предназначенные для автоматических измерений метеорологических параметров: температуры и относительной влажности воздуха, температуры и влажности почвы, скорости и направления воздушного потока, атмосферного давления, количества осадков, энергетической освещенности, и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Методикой поверки должна обеспечиваться прослеживаемость станций АМК-02 к государственным первичным эталонам единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С ГЭТ 34-2020, единицы температуры-кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К ГЭТ 35-2021, единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне $1 \times 10^{-1} \div 7 \times 10^5$ Па ГЭТ 101-2011, единицы скорости воздушного потока ГЭТ 150-2012, единиц относительной влажности газов, молярной (объемной) доли влаги, температуры точки росы/иней, температуры конденсации углеводородов ГЭТ 151-2020, единицы массы (килограмма) ГЭТ 3-2020, единиц спектральной плотности энергетической яркости и относительного спектрального распределения мощности излучения в диапазоне длин волн от 0,3 до 25,0 мкм ГПСЭ 179-2010.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки:

- непосредственное сличение - при проверке температуры и относительной влажности воздуха, атмосферного давления, скорости и направления воздушного потока, температуры и влажности почвы;

- косвенные измерения – при проверке количества атмосферных осадков, энергетической освещенности.

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

2. Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта документа о поверке	Проведение операции при	
		Первичной поверке	Периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	+	+
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	+	+
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	+	+
Определение метрологических характеристик измерительных каналов* (далее – ИК):			
- ИК температуры воздуха;	10.1	+	+
- ИК относительной влажности воздуха;	10.2	+	+
- ИК скорости воздушного потока;	10.3	+	+
- ИК направления воздушного потока;	10.4	+	+
- ИК атмосферного давления;	10.5	+	+
- ИК количества осадков;	10.6	+	+
- ИК энергетической освещенности;	10.7	+	+
- ИК температуры почвы;	10.8	+	+
- ИК влажности почвы.	10.9	+	+

* в зависимости от модификации станций АМК-02

При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3. Требования к условиям проведения поверки

При поверке допускается соблюдать следующие требования:

- температура воздуха, °С от +15 до +35;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, гПа от 950 до 1050.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку.

4.1. К проведению поверки допускаются лица, аттестованные в качестве поверителей, изучившие настоящую методику и эксплуатационную документацию (далее ЭД), прилагаемую к станции АМК-02.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 2

Номер пункта	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
9, 10	Персональный компьютер с терминальной программой.
10.1	Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – рег. номер) 19916-10; Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 модификации 8.15, рег. номер 19736-11; Климатическая камера, диапазон поддержания температуры от -50 до +60 °С
10.2	Гигрометр Rotronic модификации HygroPalm в исполнении HP22-A, диапазон измерений относительной влажности от 0 до 100 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 1 %, рег. номер 64196-16. Климатическая камера, диапазон задания относительной влажности от 5 % до 100 %
10.3	Рабочий эталон (аэродинамическая измерительная установка) по государственной поверочной схеме для средств измерений скорости воздушного потока, утвержденной приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2815 от 25.11.2019, диапазон измерений скорости воздушного потока от 0,2 до 75 м/с, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm(0,2+0,02 \cdot V)$ м/с, где V – измеренная скорость воздушного потока.
10.4	Рабочий эталон (аэродинамическая измерительная установка) по государственной поверочной схеме для средств измерений скорости воздушного потока, утвержденной приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2815 от 25.11.2019, диапазон измерений скорости воздушного потока от 0,2 до 75 м/с, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm(0,2+0,02 \cdot V)$ м/с, где V – измеренная скорость воздушного потока. Лимб из состава комплекса поверочного портативного КПП-4, диапазон измерений от 0° до 360°, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 1^\circ$, рег. номер 68664-17
10.5	Барометр образцовый переносной БОП-1М-2, диапазон измерений абсолютного давления от 5 до 1100 гПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,1$ гПа, рег. номер 26469-17. Барокамера, диапазон задания от 300 до 1100 гПа.
10.6	Цилиндры «Klin» 2 класса точности, номинальная вместимость 10, 100, 2000 мл, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,2 \div 20,0$ мл, рег. номер 33562-06. Штангенциркуль ШЦ-1, диапазон измерений от 0 до 250 мм, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,1$ мм, рег. номер 220586-07. Вода дистиллированная по ГОСТ 6709-72

Номер пункта	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
10.7	Рабочий эталон 2 разряда (пиранометр) 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 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2815 от 29.12.2018. Установка ПО-4 по ТУ 25-04-1570.
10.8	Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100, рег. номер 19916-10; Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 модификации 8.15, рег. номер 19736-11; Термостат жидкостный 7000 модификации 7060, рег. номер 40415-15
10.9	Влагомер почвы высокой точности ML3 ThetaProbe, диапазон измерений относительной влажности почвы от 1 до 50 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений ± 1 %, рег. номер 71131-18.

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 АМК-02 с требуемой точностью.

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. Станция АМК-02 не должна иметь механических повреждений или иных дефектов, влияющих на качество его работы.
- 7.2. Соединения в разъемах питания станции АМК-02 должны быть надежными.
- 7.3. Маркировка станции АМК-02 должна быть целой, четкой, хорошо читаемой.
- 7.4. Результаты внешнего осмотра считают положительными, если станция АМК-02 не имеет повреждений или иных дефектов, маркировка целая, соединения в разъемах питания станции АМК-02 надежные.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

- 8.1. Проверить комплектность станции АМК-02.
- 8.2. Проверить электропитание станции АМК-02.
- 8.3. Подготовить к работе и включить станцию АМК-02 согласно ЭД.
- 8.4. Опробование
 - 8.4.1. Включите станцию АМК-02 и установите связь с ПК.
 - 8.4.2. Убедитесь, что измерительная информация поступает со всех ИК (в зависимости от модификации) и передается на отображающее устройство, сообщения о ошибках – отсутствуют.

9. Проверка программного обеспечения средства измерений.

9.1. Идентификация встроенного ПО «Minimax_Agro_АМК» осуществляется путем проверки номера версии ПО следующим образом:

- необходимо подсоединить кабель USB-RS232 к центральному устройству на интерфейс RS232;

- установить связь по средством терминальной программы типа HyperTerminal согласно ЭД;

- считать номер версии встроенного программного обеспечения в первом сообщении сразу после включения станции АМК-02.

9.2. Результаты идентификации программного обеспечения считают положительными если номер версии встроенного ПО «Minimax_Agro_АМК» не ниже 1.0.

10. Определение метрологических характеристик:

10.1. Поверка станции АМК-02 по каналу измерений температуры воздуха в следующем порядке:

10.1.1. Подготовьте к работе и включите станцию АМК-02, климатическую камеру, термометр сопротивления эталонный ЭТС-100 (далее – эталонный термометр) и измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 модификации МИТ 8.15 в соответствии с ЭД.

10.1.2. Поместите комбинированный датчик станции АМК-02 и эталонный термометр в климатическую камеру таким образом, чтобы чувствительный элемент ИК температуры воздуха располагался как можно ближе к чувствительному элементу эталонного термометра.

10.1.3. Задавайте значения температуры в климатической камере в пяти точках равномерно распределённых по диапазону измерений.

10.1.4. На каждом заданном значении фиксируйте значения, измеренные станцией АМК-02, $t_{в\text{ изм}i}$ и значения эталонные, $t_{этi}$.

10.1.5. Вычислите абсолютную погрешность станции АМК-02 по каналу измерений температуры воздуха по формуле:

$$\Delta t_{в} = t_{в\text{ изм}i} - t_{этi}$$

10.1.6. Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность по каналу измерений температуры воздуха во всех выбранных точках не превышает:

$$\Delta t_{в} \leq \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

10.2. Поверка станции АМК-02 по каналу измерений относительной влажности воздуха выполняется в следующем порядке:

10.2.1. Подготовьте к работе гигрометр Rotronic в соответствии с ЭД.

10.2.2. Поместите комбинированный датчик станции АМК-02 и гигрометр Rotronic в климатическую камеру таким образом, чтобы чувствительный элемент ИК относительной влажности воздуха располагался как можно ближе к чувствительному элементу гигрометра Rotronic.

10.2.3. Задавайте значения относительной влажности воздуха в климатической камере в пяти точках равномерно распределённых по диапазону измерений. Выдерживайте в точке чувствительный элемент ИК относительной влажности воздуха станции АМК-02 и гигрометр Rotronic в течение 2 часов.

10.2.4. На каждом заданном значении фиксируйте значения, измеренные станцией АМК-02, $\varphi_{\text{изм}i}$ и значения эталонные, $\varphi_{\text{эт}i}$ измеренные гигрометром Rotronic.

10.2.5. Вычислите абсолютную погрешность станции АМК-02 по каналу измерений относительной влажности воздуха по формуле:

$$\Delta \varphi = \varphi_{\text{изм}i} - \varphi_{\text{эт}i}$$

10.2.6. Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность по каналу измерений относительной влажности воздуха во всех выбранных точках не превышает:

$$\Delta \varphi \leq \pm 5 \%$$

10.3. Поверка станции АМК-02 по каналу измерений скорости воздушного потока.

10.3.1. Разместите комбинированный датчик таким образом, чтобы чувствительный элемент скорости воздушного потока находился в рабочей зоне аэродинамической измерительной установки.

10.3.2. Задайте значения скорости воздушного потока, $V_{эти}$, в рабочей зоне аэродинамической измерительной установки в пяти точках равномерно распределённых по всему диапазону измерений.

10.3.3. На каждом заданном значении фиксируйте значения, измеренные станцией АМК-02, $V_{измi}$.

10.3.4. Вычислите абсолютную погрешность по каналу измерений скорости воздушного потока по формуле:

$$\Delta V = V_{измi} - V_{эти}$$

10.3.5. Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность станции АМК-02 по каналу измерений скорости воздушного потока во всех выбранных точках не превышает:

$$\Delta v \leq \pm 0,5 \text{ м/с в диапазоне от } 0,5 \text{ до } 5 \text{ м/с включ.},$$
$$\Delta v \leq \pm(0,5 + 0,05 \cdot V_{эти}) \text{ м/с в диапазоне св. } 5 \text{ до } 60 \text{ м/с}$$

10.4. Поверка станции АМК-02 по каналу измерений направления воздушного потока

10.4.1. Закрепите комбинированный датчик на лимбе из состава КПП-4 в рабочем участке аэродинамической измерительной установки таким образом, чтобы показания лимба и станции АМК-02 соответствовали значению (0 ± 1) градус.

10.4.2. Последовательно задайте значения направления воздушного потока, $h_{эти}$, при помощи лимба в пяти точках равномерно распределённых по всему диапазону измерений при скорости воздушного потока 1 м/с.

10.4.3. Повторите пункт 10.4.2, задавая скорость воздушного потока 30 м/с.

10.4.4. На каждом заданном значении фиксируйте значения, измеренные станцией АМК-02, $h_{измi}$.

10.4.5. Вычислите абсолютную погрешность по каналу измерений направления воздушного потока по формуле:

$$\Delta h = h_{измi} - h_{эти}$$

10.4.6. Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность станции АМК-02 по каналу измерений направления воздушного потока во всех выбранных точках не превышает:

$$\Delta h \leq \pm 3^\circ$$

10.5. Поверка станции АМК-02 по каналу измерений атмосферного давления

10.5.1. Подготовьте к работе барометр образцовый переносной БОП-1М-2 (далее – эталонный барометр) в соответствии с ЭД

10.5.2. Поместите комбинированный датчик станции АМК-02 и эталонный барометр в барокамеру.

10.5.3. Задавайте значения атмосферного давления в барокамере в пяти точках равномерно распределённых по диапазону измерений.

10.5.4. На каждом заданном значении фиксируйте значения, измеренные станцией АМК-02, $P_{измi}$ и значения эталонные, $P_{эти}$ измеренные эталонным барометром

10.5.5. Вычислите абсолютную погрешность станции АМК-02 по каналу измерений атмосферного давления воздуха по формуле:

$$\Delta P = P_{измi} - P_{эти}$$

10.5.6. Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность по каналу измерений атмосферного давления во всех выбранных точках не превышает:

$$\Delta P \leq \pm 0,5 \text{ гПа}$$

10.6. Поверка станции АМК-02 по каналу измерений количества атмосферных осадков:

10.6.1. Закрепите комбинированный датчик параллельно земле согласно пузырьковому уровню.

10.6.2. При помощи штангенциркуля ШЦ-1 проведите измерение диаметра приемного отверстия d , мм.

10.6.3. Рассчитайте площадь приемного отверстия S , мм², по формуле:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

10.6.4. При помощи цилиндров «Klin» 2 класса точности наполняйте приемное отверстие датчика объем воды дистиллированной по ГОСТ 6709-72, $V_{эт}$, объемом 20, 150, 500, 1000, 2000 мл. Наполнение производите медленно, равномерно, не допуская переполнения.

10.6.5. Фиксируйте значения станции АМК-02 по каналу измерений количества осадков $M_{изм}$.

10.6.6. Вычислите абсолютную погрешность станции АМК-02 по каналу измерений количества осадков ΔM по формуле:

$$\Delta M = M_{изм} - M_{эт}$$

где $M_{эт} = \frac{V_{эт}}{S}$ – эталонное количество осадков, мм;

$V_{эт}$ – значение объема воды в мм³.

10.6.7. Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность по каналу измерений количества осадков во всех выбранных точках не превышает:

$$\Delta M \leq \pm(0,3 + 0,05 \cdot M_{эт}) \text{ мм}$$

10.7. Поверка станции АМК-02 по каналу измерений энергетической освещенности выполняется в следующем порядке

10.7.1. Подготовьте к работе и включите установку ПО-4 в соответствии с ЭД.

10.7.2. Задайте значения энергетической освещенности в трех точках равномерно распределенных по диапазону измерений. На каждом заданном значении выждите не менее 30 мин для прогрева лампы.

10.7.3. Установите эталонный пиранометр нормально к направлению светового потока, выдержите его освещенным не менее 2 минут, затем затените экраном. Снимите экран и не менее, чем через 2 минуты, снимите три отсчета $U_{э}$, из которых вычислите среднее значение $\bar{U}_{э}$.

10.7.4. Установите чувствительный элемент ИК энергетической освещенности нормально к оптической оси установки таким образом, чтобы центр его приемной поверхности располагался в той же точке пространства, что и эталонного. Выдержите его освещенным не менее 10 мин, затем затените экраном. Снимите экран и не менее чем через 10 мин, снимите 3 отсчета $U_{п}$, из которых вычисляют среднее значение $\bar{U}_{изм}$.

10.7.5. Вычислите относительную погрешность станции АМК-02 δU , по каналу измерений энергетической освещенности по формуле:

$$\delta U = \frac{\bar{U}_{изм} - \bar{U}_{э}}{\bar{U}_{э}} \times 100 \%$$

10.7.6. Результаты считаются положительными, если относительная погрешность по каналу измерений энергетической освещенности всех выбранных точек не превышает:

$$\delta U \leq \pm 15 \%$$

10.8. Поверка станции АМК-02 по каналу измерений температуры почвы выполняется в следующем порядке:

10.8.1. Подготовьте к работе и включите станцию АМК-02, термостат жидкостный 7060, термометр сопротивления эталонный ЭТС-100 и измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 модификации МИТ 8.15 в соответствии с ЭД.

10.8.2. Поместите датчик температуры и влажности почвы и эталонный термометр в термостат жидкостный 7060.

10.8.3. Задавайте значения температуры при помощи термостата в пяти точках равномерно распределенных по диапазону измерений.

10.8.4. На каждом заданном значении фиксируйте значения, измеренные станцией АМК-02, $t_{\text{изм}i}$ и значения эталонные, $t_{\text{эт}i}$.

10.8.5. Вычислите абсолютную погрешность станции АМК-02 по каналу измерений температуры почвы по формуле:

$$\Delta t = t_{\text{изм}i} - t_{\text{эт}i}$$

10.8.6. Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность по каналу измерений температуры почвы во всех выбранных точках не превышает:

$$\Delta t \leq \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

10.9. Поверка станции АМК-02 по каналу измерений влажности почвы выполняется в следующем порядке:

10.9.1. Разместите горизонтально датчик температуры и влажности почвы и влагомер почвы высокой точности ML3 ThetaProbe (далее – влагомер) в емкость с почвой.

10.9.2. Фиксируйте значения, измеренные станцией АМК-02, $\epsilon_{\text{изм}i}$ и значения эталонные, $\epsilon_{\text{эт}i}$, измеренные влагомером.

10.9.3. Вычислите абсолютную погрешность станции АМК-02 по каналу измерений относительной влажности воздуха по формуле:

$$\Delta \epsilon = \epsilon_{\text{изм}i} - \epsilon_{\text{эт}i}$$

10.9.4. Повторите пп. 10.9.2-10.9.3, последовательно добавляя в емкость с почвой воду массой, равной 20 %, 40 %, 60 % и 80 % от массы почвы в емкости, тщательно перемешивая.

10.9.5. Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность по каналу измерений влажности почвы во всех выбранных точках не превышает:

$$\Delta \epsilon \leq \pm 3 \%$$

11. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.

Процедура обработки результатов, полученных при определении метрологических характеристик, приведена в пп. 10.1.5, 10.2.5, 10.3.4, 10.4.5, 10.5.5, 10.6.3, 10.6.6, 10.7.4, 10.7.5, 10.8.5, 10.9.3, 10.9.4.

В результате анализа характеристик, полученных в результате поверки, делается вывод о пригодности дальнейшего использования средства измерений. Критериями пригодности являются соответствие погрешностей средства измерений пп. 10.1.6, 10.2.6, 10.3.5, 10.4.6, 10.5.6, 10.6.5, 10.7.6, 10.8.6, 10.9.5 настоящей методики поверки.

12. Оформление результатов поверки

12.1. Сведения о результатах поверки станций АМК-02 передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в установленном порядке. Знак поверки при необходимости наносится на свидетельство о поверке и/или в паспорт.

12.2. Протокол оформляется по запросу.

12.3. В процессе поверки пломбировка не нарушается.