

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

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

М.п. « 29 » ноября 2022 г.



Государственная система обеспечения единства измерений

Метеостанции автоматические КАЙПОС

Методика поверки

МП 254-0174-2022

И.о. руководителя научно-исследовательского
отдела госэталонов в области измерений
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

Настоящая методика поверки распространяется на метеостанции автоматические КАЙПОС (далее – метеостанции), предназначенные для автоматических измерений метеорологических параметров: температуры и влажности воздуха, скорости воздушного потока, атмосферного давления, количества атмосферных осадков, температуры и влажности почвы и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверки.

Методикой поверки должна обеспечиваться прослеживаемость метеостанций к Государственному первичному эталону единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ - $7 \cdot 10^5$ Па (ГЭТ101-2011), Государственному первичному эталону единиц относительной влажности газов, молярной (объемной) доли влаги, температуры точки росы/иней, температуры конденсации углеводородов (ГЭТ151-2020), Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С (ГЭТ34-2020), Государственному первичному эталону единицы температуры-кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К (ГЭТ35-2021), Государственному первичному специальному эталону единицы скорости воздушного потока (ГЭТ150-2012), Государственному первичному эталону единицы массы (килограмма) (ГЭТ3-2020), Государственному первичному эталону единицы объема жидкости в диапазоне от $1,0 \cdot 10^{-9}$ м³ до 1,0 м³ (ГЭТ216-2018).

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки:

- непосредственное сличение - при поверке измерительного канала (ИК) температуры воздуха, относительной влажности воздуха, атмосферного давления, скорости воздушного потока;

- косвенные измерения - при поверке ИК влажности почвы, количества атмосферных осадков.

Метеостанции КАЙПОС подлежат первичной и периодической поверке. Методикой поверки не предусмотрена поверка на меньшем числе поддиапазонов измерений.

Примечания:

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

2) В случае добавления новых ИК к существующей метеостанции, имеющему действующую поверку, необходимо проведение поверки только вновь добавленных ИК в соответствии с утвержденной методикой поверки в объеме операций первичной поверки.

3) Результаты поверки метеостанции 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	п. 7
Контроль условий поверки	да	да	п. 8.1.1-8.1.2
Опробование	да	да	п. 8.6
Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений атмосферного давления	да	да	п. 9.1

Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений температуры воздуха	да	да	п. 9.2
Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений относительной влажности воздуха	да	да	п. 9.3
Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений температуры почвы	да	да	п. 9.4
Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений влажности почвы	да	да	п. 9.5
Проверка диапазона и определение погрешности измерений скорости воздушного потока	да	да	п. 9.6
Проверка диапазона и определение погрешности измерений количества атмосферных осадков	да	да	п. 9.7
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

При получении отрицательных результатов одной из операций поверка прекращается.

3. Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки в лабораторных условиях должны соблюдаться следующие требования:

- температура воздуха, °С от +15 до +25;
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

При этом не должны нарушаться требования к условиям эксплуатации применяемых средств поверки.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию (далее ЭД), прилагаемую к метеостанциям, а также ЭД на средства поверки.

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. 8.1.1-8.1.2 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне от +15 °С до 25 °С с абсолютной погрешностью не более ±1 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 %, с погрешностью не более ±10 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более ±0,2 кПа	Термогигрометр ИВА-6, мод. ИВА-6Н-Д, регистрационный номер в ФИФ по ОЕИ (далее - рег. №) №82393-21

Продолжение таблицы 2

<p>п. 9.1 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений атмосферного давления</p>	<p>Эталоны единицы абсолютного давления и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 2-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений абсолютного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^7$ Па, утвержденной Приказом Росстандарта от 06.12.2019 № 2900 (часть 2) в диапазоне от 375 до 825 мм рт. ст.</p> <p>Вспомогательные технические средства: Барокамера, диапазон задания абсолютного давления от 375 до 825 мм рт. ст.</p>	<p>Барометры рабочие сетевые БРС-1М, рег. № 16006-97</p> <p>Барокамера БК-300</p>
<p>п. 9.2 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений температуры воздуха</p>	<p>Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3-го разряда по ГОСТ 8.558-2009 (часть 1-2) в диапазоне от -40 °С до $+60$ °С</p>	<p>Комплекс поверочный портативный КПП-2, рег. № 66622-17</p>
<p>п. 9.3 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений влажности воздуха</p>	<p>Эталоны единицы относительной влажности воздуха и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2-го разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов, утвержденной приказом Росстандарта № 2885 от 15.12.2021 г., в диапазоне от 1 до 100 %</p>	<p>Комплекс поверочный портативный КПП-3, рег. № 67967-17</p>
<p>п. 9.4, п. 9.4.7 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений температуры почвы</p>	<p>Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к эталонам не ниже 3 разряда по ГОСТ 8.558-2009 (часть 1-2) в диапазоне значений от -20 °С до $+50$ °С.</p> <p>Вспомогательные технические средства: Термостат жидкостной, диапазон поддержания температур от -20 °С до $+40$ °С с нестабильностью поддержания температур не более $\pm 0,05$ °С</p> <p>Эталоны единицы температуры и средства измерений, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 3-го разряда по ГОСТ 8.558-2009 (часть 1-2) в диапазоне от -20 °С до $+50$ °С</p>	<p>Термометр сопротивления платиновый выборочный ПТСВ, рег. № 49400-12; Измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8, рег. № 19736-11 Термостат переливной прецизионный ТПП-1, мод. ТПП-1.3, рег. № 33744-07</p> <p>Комплекс поверочный портативный КПП-2, рег. № 66622-17</p>

<p>п. 9.5 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений влажности почвы</p>	<p>Средства измерений массы в диапазоне измерений от 0 до 1 кг, с погрешностью не более $\pm 0,05$ г. Вспомогательные технические средства: Камера климатическая с диапазоном поддержания температур от -30 °С до $+105$ °С; Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая; Вода дистиллированная по ГОСТ Р 58144-2018</p>	<p>Весы электронные ВСН, рег. № 27303-04. Вспомогательные технические средства: Камера климатическая СМ-70/180-250 ТВХ; Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая; Вода дистиллированная по ГОСТ Р 58144-2018</p>
<p>п. 9.6 Проверка диапазона и определение погрешности измерений скорости воздушного потока</p>	<p>Эталоны единицы скорости 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 1,0 до 25 м/с, с абсолютной погрешностью не более $\pm(0,015+0,02 \cdot V)$ м/с</p>	<p>Установка аэродинамическая АТ-60, рег. № 84585-22</p>
<p>п. 9.7 Проверка диапазона и определение погрешности измерений количества атмосферных осадков</p>	<p>Средства измерений объема жидкости номинальной вместимостью 100 мл, с абсолютной погрешностью не более ± 1 мл; Средства измерений внутреннего диаметра в диапазоне измерений от 0 до 200 мм, с абсолютной погрешностью не более 0,05 мм</p>	<p>Цилиндр 2-го класса точности Klin, рег. № 33562-06; Штангенциркуль ШЦ, рег. № 52058-12</p>
<p><i>Примечание:</i> 1 Средства поверки должны быть поверены, эталоны – аттестованы. 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 метеостанции следующим требованиям:

7.1 Метеостанция не должна иметь механических повреждений или иных дефектов, влияющих на качество их работы.

7.2 Соединения в разъемах питания, вспомогательного и дополнительного оборудования должны быть надежными.

7.3 Маркировка метеостанции должна быть целой, четкой, хорошо читаемой.

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 разделе 3 настоящей методики поверки.
- 8.1.2 Для контроля условий поверки используются средства поверки, приведенные в таблице 2.
- 8.2 Проверьте комплектность метеостанции.
- 8.3 Проверьте электропитание метеостанции.
- 8.6 Опробование метеостанции должно осуществляться в следующем порядке:
- 8.6.1 При опробовании метеостанции устанавливается работоспособность в соответствии с эксплуатационной документацией.

9. Определение метрологических характеристик.

9.1 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности измерений атмосферного давления выполняется в следующем порядке:

- 9.1.1 Поместите метеостанцию в барокамеру.
- 9.1.2 Присоедините вакуумные шланги барокамеры к штуцеру барометра рабочего сетевого БРС-1М, модификации БРС-1М-3 (далее – эталонный барометр).
- 9.1.3 Задавайте значения атмосферного давления в пяти точках, равномерно распределенных по диапазону измерений.
- 9.1.4 Фиксируйте показания метеостанции по каналу измерений атмосферного давления $P_{изм}$ и эталонного барометра $P_{эт}$.
- 9.1.5 Вычислите абсолютную погрешность метеостанции ΔP по каналу измерений атмосферного давления по формуле:

$$\Delta P = P_{изм} - P_{эт}$$

9.1.6 Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность измерений атмосферного давления метеостанции во всех выбранных точках не превышает:

$$|\Delta P| \leq 1 \text{ мм рт. ст.}$$

9.2 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности канала измерений температуры воздуха, выполняется в следующем порядке:

- 9.2.1 Подготовьте к работе комплекс поверочный портативный КПП-2 (далее – КПП-2) в соответствии с их ЭД.
- 9.2.2 Помещайте датчик температуры и относительной влажности воздуха (далее – датчик) из состава метеостанции в калибратор температуры из состава КПП-2 совместно с термометром сопротивления из состава КПП-2.
- 9.2.3 Установите в калибраторе значения температуры в пяти точках, равномерно распределённых по диапазону измерений. На каждом заданном значении фиксируйте эталонные значения, $t_{эт}$ КПП-2 и измеренные значения метеостанции, $t_{изм}$.

9.2.4 Вычислите абсолютную погрешность измерений температуры воздуха, Δt °С, по формуле:

$$\Delta t = t_{изм} - t_{эт}$$

9.2.5 Результаты считаются положительными, если погрешность измерений температуры воздуха во всех выбранных точках не превышает:

$$|\Delta t| \leq 0,7 \text{ °С.}$$

9.3 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности канала измерений относительной влажности воздуха выполняется в следующем порядке:

- 9.3.1 Подготовьте к работе комплекс поверочный портативный КПП-3 (далее – КПП-3) в соответствии с ЭД.

9.3.2 Помещайте датчик температуры и относительной влажности воздуха из состава метеостанции (далее – датчик) в камеры солевого гигростата из состава КПП-3 с растворами солей (LiCl, MgCl₂, NaCl, K₂SO₄) совместно с эталонным гигрометром из состава КПП-3.

9.3.3 Выдерживайте датчик в каждом растворе солей в течение 30 минут.

9.3.4 В каждом растворе солей фиксируйте значения, измеренные метеостанцией, $\varphi_{\text{изм}}$ и значения эталонные, $\varphi_{\text{эт}}$ измеренные эталонным гигрометром из состава КПП-3.

9.3.5 Вычислите абсолютную погрешность измерений относительной влажности воздуха, $\Delta\varphi$ %, по формуле:

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

9.3.6 Результаты считаются положительными, если погрешность измерений относительной влажности воздуха во всех выбранных точках не превышает:

$$|\Delta\varphi| \leq 3 \% \text{ в диапазоне от } 1 \% \text{ до } 90 \% \text{ включ.};$$

$$|\Delta\varphi| \leq 4 \% \text{ в диапазоне св. } 90 \% \text{ до } 100 \%.$$

9.4 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности канала измерений температуры почвы с датчиком температуры и влажности почвы выполняется в следующем порядке:

9.4.1 Подготовьте к работе термостат переливной прецизионный ТПП-1, термометр сопротивления платиновый выборочный ПТСВ (далее – эталонный термометр) и измеритель температуры многоканальный прецизионный МИТ 8 в соответствии с ЭД.

9.4.2 Поместите датчик температуры и влажности почвы и эталонный термометр в термостат переливной прецизионный ТПП-1.

9.4.3 Задавайте значения температуры при помощи термостата в пяти точках равномерно распределённых по диапазону измерений.

9.4.4 На каждом заданном значении фиксируйте значения, измеренные метеостанцией, $t_{\text{изм}}$ и значения эталонные, $t_{\text{эт}}$.

9.4.5 Вычислите абсолютную погрешность измерений температуры почвы, Δt по формуле:

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

9.4.6 Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность измерений температуры почвы во всех выбранных точках не превышает:

$$|\Delta t| \leq 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

9.4.7 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности канала измерений температуры почвы с датчиком температуры почвы выполняется в следующем порядке:

9.4.7.1 Подготовьте к работе комплекс поверочный портативный КПП-2 (далее – КПП-2) в соответствии с их ЭД.

9.4.7.2 Поместите датчик температуры почвы из состава метеостанции (далее – датчик) из состава метеостанции в калибратор температуры из состава КПП-2 совместно с термометром сопротивления из состава КПП-2.

9.4.7.3 Установите в калибраторе значения температуры в пяти точках, равномерно распределённых по диапазону измерений. На каждом заданном значении фиксируйте эталонные значения, $t_{\text{эт}}$ КПП-2 и измеренные значения метеостанции, $t_{\text{изм}}$.

9.4.7.4 Вычислите абсолютную погрешность измерений температуры почвы, Δt °C, по формуле:

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

9.4.7.5 Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность измерений температуры почвы во всех выбранных точках не превышает:

$$|\Delta t| \leq 0,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

9.5 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности канала измерений влажности почвы, выполняется в следующем порядке:

9.5.1 Подготовьте к работе весы ВСН-1/0,01, поставьте емкость, закрытую крышкой, на весы, произведите измерение массы емкости, M_e , г.

9.5.2 Насыпьте почву (ГСО 2498-83/2500-83) в емкость

9.5.3 Проведите измерения массы емкости с почвой, M_0 , г.

9.5.4 Уплотните почву, проведите измерения влажности почвы, $W_{измi}$, в емкости при помощи датчика температуры и влажности почвы.

9.5.5 Поместите емкость с почвой в климатическую камеру и выдержите почву в течении шести часов при температуре $+105\text{ }^\circ\text{C}$.

9.5.6 Извлеките емкость из климатической камеры, закройте крышкой, дайте емкости остыть.

9.5.7 Проведите измерения массы емкости с почвой, M_1 , г. Поместите в климатическую камеру и выдержите час, проведите повторное измерение массы, M_2 , г.

9.5.8 Если масса M_2 меньше массы M_1 , более чем на 0,1 г, то повторите п. 9.5.5-9.5.7, выдерживая в климатической камере не менее 1ч, после чего ещё раз определите массу M_1 .

9.5.9 Уплотните почву, проведите измерения влажности почвы, $W_{измi}$ в емкости при помощи датчика температуры и влажности почвы. Значения влажности почвы после высушивания $W_{эт0}$ соответствуют 1 %.

9.5.10 Произведите расчет влажности почвы $W_{эти}$, по формуле:

$$W_{эти} = m_w/m_{дп} \cdot 100\%, \text{ где}$$

$$m_{дп} = M_1 - M_e$$

$$m_w = M_0 - M_1$$

9.5.11 Повторите пункты 9.5.1...9.5.9 предварительно смочив почву водой дистиллированной по ГОСТ Р 58144-2018 из расчета 100 г воды на 100 г почвы.

9.5.12 Вычислите абсолютную погрешность измерений влажности почвы, ΔW_i , по формуле:

$$\Delta W_i = W_{измi} - W_{эти}$$

9.5.13 Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность измерений влажности почвы во всех выбранных точках не превышает:

$$|\Delta W_i| \leq 3\%$$

9.6 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности канала измерений скорости воздушного потока выполняется в следующем порядке:

9.6.1 Поместите в рабочую зону рабочего эталона (установка аэродинамическая АТ-60) скорости воздушного потока из состава метеостанции.

9.6.2 Задавайте в установке аэродинамической АТ-60 значения скорости воздушного потока в пяти точках, равномерно распределённых по диапазону измерений, $V_{эти}$.

9.6.3 На каждом заданном значении фиксируйте показания $V_{измi}$ метеостанции.

9.6.4 Вычислите для соответствующих диапазонов абсолютную и относительную погрешность измерений скорости воздушного потока по соответствующим формулам:

$$\Delta V_i = V_{измi} - V_{эти}$$

$$\delta V_i = \frac{V_{изм} - V_{эт}}{V_{эт}} \cdot 100\%$$

9.6.5 Результаты считаются положительными, если погрешность измерений скорости воздушного потока во всех выбранных точках не превышает:

$$|\Delta V| \leq 0,5 \text{ м/с в диапазоне от } 1,0 \text{ до } 5 \text{ м/с включ.};$$

$$|\delta V| \leq 10\% \text{ в диапазоне св. } 5 \text{ до } 25 \text{ м/с.}$$

где V – измеренное значение скорости воздушного потока, м/с.

9.7 Проверка диапазона и определение абсолютной погрешности канала измерений количества атмосферных осадков выполняется в следующем порядке:

9.7.1 С помощью штангенциркуля ШЦ-1 измерьте диаметр приемной камеры измерительного преобразователя.

9.7.2 С помощью мерных цилиндров наполняйте приемную камеру челночного преобразователя водой объемом $V_{эт}$ (8; 50; 500; 1000; 2000) мл. Наполняйте камеру водой равномерно, не допускайте перелива. Значения эквивалентного количества осадков вычислены по формуле:

$$X_{эт} = 4 \frac{V_{эт}}{\pi d^2}$$

где d – внутренний диаметр приемной камеры преобразователя, мм, $V_{эт}$ – в мм³.

9.7.3 Фиксируйте показания измерений количества атмосферных осадков $X_{изм}$.

9.7.4 Вычислите абсолютную погрешность измерений количества атмосферных осадков ΔX по формуле

$$\Delta X = X_{изм} - X_{эт}$$

9.7.5 Результаты считаются положительными, если абсолютная погрешность измерений количества атмосферных осадков во всех выбранных точках не превышает:

$$|\Delta X| \leq (0,2 + 0,05 \cdot X) \text{ мм,}$$

где X – измеренное значение количества осадков.

10 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. 9.1.6, 9.2.5, 9.3.6, 9.4.6, 9.4.7.5, 9.5.13, 9.6.5, 9.7.5 настоящей методики поверки.

11 Оформление результатов поверки

11.1 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.

11.2 Протокол оформляется по запросу.