

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог

ФБУ «Тест-С.-Петербург»



М. А. Демидова

«30» 12 2025 г.

ГСИ. Термопреобразователи сопротивления «ВЗЛЕТ ТПС».

Методика поверки

МП 435-220-2025

Разработчик:

Ведущий инженер по метрологии отдела № 435
ФБУ «Тест-С.-Петербург»

А. С. Иванов

«30» 12 2025 г.

Инженер по метрологии отдела № 435
ФБУ «Тест-С.-Петербург»

В. С. Сулева

«30» 12 2025 г.

г. Санкт-Петербург
2025 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящий документ распространяется на термопреобразователи сопротивления «ВЗЛЕТ ТПС», изготавливаемые АО «Взлет», и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки.

1.2 Термопреобразователи сопротивления «ВЗЛЕТ ТПС» (далее по тексту – ТПС) проходят первичную поверку при выпуске из производства и периодическую – в процессе эксплуатации.

1.3 Методика поверки обеспечивает прослеживаемость ТПС к государственным первичным эталонам в соответствии с приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19.11.2024 № 2712 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»:

– ГЭТ 34-2020 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С»;

– ГЭТ 35-2021 «Государственный первичный эталон единицы температуры в диапазоне от 0,3 до 273,16 К».

1.4 Для обеспечения реализации методики поверки при определении метрологических характеристик используется метод сличения.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Контроль условий проведения поверки	Да	Да	3
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Проверка электрического сопротивления изоляции при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$	Да	Нет	8.2
Опробование средства измерений	Да	Да	8.3
Проверка программного обеспечения средства измерений*	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	10
Определение метрологических характеристик согласованной пары**	Да	Да	10.5
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11
Оформление результатов поверки	Да	Да	12
*Проводится только для цифрового исполнения ТПС.			
**Проводится только для согласованных пар ТПС.			

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 30;
- относительная влажность окружающего воздуха, %, не более 80;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются сотрудники организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющие необходимую квалификацию, прошедшие инструктаж по технике безопасности, изучившие эксплуатационную документацию на поверяемые ТПС и средства измерений, участвующие в проведении поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Перечень эталонов, средств измерений (далее по тексту – СИ) и вспомогательного оборудования, рекомендуемых при проведении поверки, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические и технические требования к рекомендуемым средствам поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 3 Контроль условий проведения поверки	СИ температуры и влажности: - диапазон измерений температуры от 0 °С до плюс 50 °С с погрешностью $\pm 0,5$ °С; - диапазон измерений влажности от 10 % до 98 % с погрешностью ± 5 %. СИ давления: диапазон измерений от 600 до 1100 гПа с погрешностью ± 33 Па	Гигрометр «Фармацевт» ТМФЦ-100, рег. № 79106-20 Барометр рабочий сетевой БРС-1М-1, рег. № 16006-97
п. 8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции при температуре (20 ± 5) °С	СИ сопротивления изоляции: диапазон измерений от 0 Ом до 500 МОм с допускаемой приведенной погрешностью $\pm 5,0$ %	Мегаомметр Ф4101, рег. № 4542-74
п. 8.3 Опробование средства измерений	СИ электрического сопротивления, внесенное в государственный реестр средств измерений, обеспечивающее измерение электрического сопротивления в диапазоне от 0,001 до 2000 Ом с погрешностью в температурном эквиваленте не более 1/10 требуемого допуска ТПС по ГОСТ 6651 (раздел 5)	Измеритель-регулятор температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.10, рег. № 19736-05

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Эталон единицы температуры 3 разряда согласно ГПС для средств измерений температуры, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19.11.2024 № 2712 в диапазоне от минус 272,85 °С до плюс 3200 °С. СИ электрического сопротивления, внесенное в государственный реестр средств измерений, обеспечивающее измерение электрического сопротивления в диапазоне от 0,001 до 2000 Ом с погрешностью в температурном эквиваленте не более 1/10 требуемого допуска ТПС по ГОСТ 6651 (раздел 5). Средство воспроизведения и поддержания температуры в диапазоне от плюс 90 °С до плюс 103 °С, нестабильность поддержания температуры и неравномерность температуры в рабочем объеме не более 1/5 требуемого допуска ТПС по ГОСТ 6651 (раздел 5). Средство воспроизведения и поддержания температуры в диапазоне от минус 5 °С до плюс 30 °С, нестабильность поддержания температуры и неравномерность температуры в рабочем объеме не более 1/5 требуемого допуска ТПС по ГОСТ 6651 (раздел 5)	Термометр сопротивления платиновый вибропрочный эталонный ПТСВ-1-2, рег. № 32777-06 Измеритель-регулятор температуры многоканальный прецизионный МИТ 8.10, рег. № 19736-05 Термостат паровой ТП-2, рег. № 25916-03 Термостат нулевой Кауе мод. К140, рег. № 59060-14
П р и м е ч а н и я 1 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице. 2 При поверке ТПС цифрового исполнения необходим персональный компьютер с предустановленным программным обеспечением (далее по тексту – ПО) «Монитор Цифровых ТПС».		

5.2 Все применяемые СИ и оборудование должны быть исправны и иметь действующие свидетельства о поверке или аттестации.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

- 6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:
- требования безопасности, установленные ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
 - требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемый ТПС и средства поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие поверяемого ТПС следующим требованиям:

- защитная арматура, контактные колодки и выводные проводники ТПС не должны иметь видимых повреждений;

- резьба на штуцере ТПС не должна иметь повреждений;
- маркировка должна быть четкой и соответствовать требованиям, приведенным в эксплуатационных документах.

При нарушении приведенных выше требований ТПС к поверке не допускаются.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки проверяют наличие: руководств по эксплуатации средств поверки, аттестатов испытательного оборудования, эталонов, свидетельств о поверке эталонов, средств измерений, паспорта, клейма или свидетельства о предыдущей поверке ТПС.

Все средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с инструкциями по их эксплуатации. Должно быть обеспечено правильное заземление приборов и должны быть выполнены все требования безопасности.

8.1.2 Должна быть проведена экспериментальная оценка расширенной неопределенности поверки. Экспериментальная оценка расширенной неопределенности поверки в условиях конкретной поверочной лаборатории производится в соответствии с ГОСТ 8.461-2009. Экспериментальная оценка производится при температурах, близких к градуировочным точкам, отдельно для ТПС различных номинальных сопротивлений, поверяемых в данной лаборатории.

8.2 Проверка электрического сопротивления изоляции при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$

8.2.1 Подключают клеммы прибора для измерения электрического сопротивления к выводам и защитному корпусу ТПС. Подают измерительное напряжение 100 В.

8.2.2 Показания снимают в течение 10 секунд после подачи напряжения и фиксируют минимальное значение сопротивления. Сопротивление изоляции ТПС должно быть не менее 100 МОм. ТПС, не удовлетворяющие этому требованию, к дальнейшей поверке не допускают.

8.3 Опробование средства измерений

8.3.1 Для аналоговых ТПС с помощью СИ электрического сопротивления, измеряется сопротивление каждого ТПС между выходными контактами 1 (3) и 2 (4). Измеренные значения сопротивления должны быть в пределах (1100 ± 100) Ом для ТПС с НСХ Pt1000(1000П), (550 ± 50) Ом для ТПС с НСХ Pt500(500П) и (110 ± 10) Ом для ТПС с НСХ Pt100(100П), что свидетельствует о целостности электрических цепей ТПС.

8.3.2 Для ТПС цифрового исполнения необходимо считать текущее значение температуры с помощью ПО «Монитор Цифровых ТПС»

Для этого нужно:

- соединить кабелем RS-выход ТПС и USB-порт компьютера с помощью интерфейса RS-485;
- подать напряжение питания постоянного тока (24 ± 2) В и перевести ТПС в режим «СЕРВИС»;
- инициализировать связь между ПК с установленным ПО «Монитор Цифровых ТПС» и ТПС;
- считать информацию об измеренном ТПС значении температуры из ПО «Монитор Цифровых ТПС».

Значение измеренной температуры должно быть в пределах от плюс $15 ^\circ\text{C}$ до плюс $30 ^\circ\text{C}$.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения заключается в определении идентификационных данных ПО и проводится с помощью ПО «Монитор Цифровых ТПС».

Для считывания идентификационных данных ПО необходимо:

- соединить кабелем RS-выход ТПС и USB-порт компьютера с помощью интерфейса RS-485;
- подать напряжение питания постоянного тока (24 ± 2) В и перевести ТПС в режим «СЕРВИС»;
- инициализировать связь между ПК с установленным ПО «Монитор Цифровых ТПС» и ТПС;
- считать идентификационные данные встроенного ПО ТПС из ПО «Монитор Цифровых ТПС».

Результат подтверждения соответствия ПО считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО (идентификационное наименование, номер версии (идентификационный номер) соответствуют идентификационным данным, указанным в описании типа средства измерений.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 При поверке в каждой температурной точке поверяемые аналоговые ТПС подключают к измерительной установке в соответствии со схемой соединения внутренних проводов ТПС и схемами внешних электрических подключений приборов. Необходимо строго соблюдать инструкцию по подключению и заземлению электроизмерительной аппаратуры. Подключение ТПС к переключателям должно обеспечивать надежный электрический контакт. Поверхность наконечников и выводных проводов ТПС должна быть очищена от пленки оксидов. Измерительный ток должен соответствовать значению, указанному в документации на ТПС. При использовании электроизмерительной установки постоянного тока должна быть обеспечена компенсация паразитных термоэлектродвижущих сил (ТЭДС) во время измерений, например, путем переключения направления тока.

Поверяемые цифровые ТПС подключают к персональному компьютеру в соответствии с п. 9.1, считывание значений измеренного сопротивления производится с помощью ПО «Монитор Цифровых ТПС».

10.1 Проверка отклонения сопротивления ТПС от номинальной статической характеристики при температуре от минус 5 °С до плюс 30 °С в жидкостном термостате

10.1.1 Проверку отклонения сопротивления ТПС от НСХ при температуре в диапазоне от минус 5 °С до плюс 30 °С в жидкостных термостатах выполняют методом сличения с эталонным термометром. Для реализации этого метода, эталонный термометр и поверяемые ТПС помещают в рабочий объем термостата на глубину не менее минимальной глубины погружения, указанной в паспорте на ТПС. Если монтажная длина поверяемых ТПС более минимальной глубины погружения эталонного термометра сопротивления или равна ей, то чувствительные элементы всех ТПС должны находиться на одном уровне. Если монтажная длина поверяемых ТПС менее минимальной глубины погружения эталонного термометра сопротивления, то ТПС погружают в термостат на монтажную длину и в результате измерений вводят поправку на перепад температуры между средними точками чувствительных элементов поверяемых и эталонного термометра сопротивления.

10.1.2 После достижения стабильного состояния (сопротивление ТПС не изменяется более чем на 1/10 допуска за 5 мин) проводят цикл измерений: измеряют температуру эталонным термометром, затем последовательно измеряют сопротивление поверяемых ТПС и вновь повторяют измерение эталонным термометром. При использовании автоматических мостов результат каждого измерения должен быть получен как среднее арифметическое значение не менее чем из пяти отсчетов. Температура эталонного термометра за все время измерений не должна измениться более чем на 1/5 допуска поверяемых ТПС.

10.1.3 По данным измерений рассчитывают среднее арифметическое значение и размах температуры в термостате, средние значения сопротивлений, поверяемых ТПС. Допускается использовать самостоятельное или входящее в комплект поставки средств поверки программ-

ное обеспечение, предназначенное для автоматизации процессов градуировки и поверки ТПС, обработки и хранения результатов.

10.2 Проверка отклонения сопротивления ТПС от номинальной статической характеристики при 0 °С в нулевом термостате или сосуде Дьюара

10.2.1 Для определения сопротивления ТПС при 0 °С рекомендуется использовать термостат или сосуд Дьюара, заполненный смесью мелкодробленого льда и охлажденной воды. Лед должен быть увлажнен и уплотнен по всей массе, чтобы в смеси льда и воды не было пузырей воздуха и излишка воды. Толщина слоя льдоводяной смеси, окружающей термометры, должна быть не менее 30 мм.

10.2.2 После достижения стабильного состояния проводят определение действительной температуры в термостате, затем последовательно измеряют сопротивление поверяемых ТПС. Необходимо провести не менее 10 отсчетов сопротивления для каждого ТПС. По полученным данным рассчитывают среднее арифметическое значение сопротивления ТПС.

10.3 Проверка отклонения сопротивления ТПС от номинальной статической характеристики при температуре от плюс 90 °С до плюс 103 °С

Для проведения измерений ТПС помещается в жидкостной или паровой термостат. Определение сопротивления ТПС выполняется после установления состояния теплового равновесия между ТПС и рабочей средой термостата.

Проверку проводят методом сличения с эталонным термометром сопротивления в жидкостном или паровом термостате по методике, изложенной в п. 10.1 настоящей методики.

П р и м е ч а н и е – Температура насыщенных паров кипящей воды $t_{\text{эт}}$, °С, в паровом термостате может измеряться эталонным термометром или вычисляется по показаниям барометра по формуле

$$t_{\text{эм}} = 99,974 + 28,0216 \cdot \left(\frac{P}{P_0} - 1 \right) - 11,642 \cdot \left(\frac{P}{P_0} - 1 \right)^2 + 7,1 \cdot \left(\frac{P}{P_0} - 1 \right)^3, \quad (1)$$

где P_0 – 101325 Па;

P – измеренное барометром значение атмосферного давления (с учётом поправок, если они указаны в свидетельстве о поверке), Па.

10.4 Определение метрологических характеристик согласованной пары

Определение метрологических характеристик согласованной пары ТПС производится в два этапа. На первом этапе определяются характеристики одиночных ТПС в соответствии с пп. 10.2–10.3 настоящей методики, ТПС допускаются к дальнейшей поверке, если погрешность измерений температуры каждым ТПС не превышает допуск, установленный для классов ТПС «А» или «В». На втором этапе, по экспериментальным данным, полученным на первом этапе, для каждого ТПС из состава согласованной пары рассчитывается индивидуальный коэффициент $A_{\text{исх}}$ по формуле

$$A_{\text{ИСХ}(1;2)} = \frac{1}{t_{100\text{эм}(1;2)}} \left(\frac{R_{100\text{изм}(1;2)}}{R_{0\text{изм}(1;2)}} - t_{100\text{эм}(1;2)}^2 \cdot B_{\text{ИСХ}} - 1 \right), \quad (2)$$

где $R_{100\text{изм}(1;2)}$ – измеренное значение сопротивления ТПС при температуре от 90 °С до 103 °С, Ом;

$R_{0\text{изм}(1;2)}$ – измеренное значение сопротивления ТПС при температуре 0 °С, Ом;

$t_{100\text{эт}(1;2)}$ – действительное значение температуры, измеренное эталонным термометром, при температуре от 90 °С до 103 °С, °С;

$B_{\text{исх}}$ – коэффициент номинальной статической характеристики в соответствии с ГОСТ 6651-2009;

(1; 2) – индексы относящиеся к первому и второму ТПС из состава согласованной пары, соответственно.

Таким образом, получают характеристическую кривую для каждого ТПС из состава согласованной пары

$$R_{P(1;2)} = R_{0\text{ИЗМ}(1;2)} \cdot (1 + A_{\text{НСХ}(1;2)} \cdot t + B_{\text{НСХ}} \cdot t^2), \quad (3)$$

где $R_{P(1;2)}$ – расчетное значение сопротивления ТПС, Ом;

t – значение температуры, °С;

Определение значений погрешности согласованной пары ТПС при измерении разности температур производится по формуле

$$\Delta_{\Delta} = (t_{p1} - t_{p2}) - (t_{д1} - t_{д2}), \quad (4)$$

где Δt – разность температур, °С;

$t_{д1}, t_{д2}$ – действительные значения температуры для входящих в состав согласованной пары первого и второго ТПС, соответственно, °С;

t_{p1}, t_{p2} – рассчитанные по формуле (5) значения температуры для входящих в состав согласованной пары первого и второго ТПС, соответственно, °С.

$$t_{p(1,2)} = \frac{\sqrt{A_{\text{НСХ}}^2 - 4 \cdot B_{\text{НСХ}} \cdot (1 - R_{P(1,2)} / R_{0\text{НСХ}})} - A_{\text{НСХ}}}{2 \cdot B_{\text{НСХ}}}, \quad (5)$$

где $R_{0\text{НСХ}}$ – номинальное сопротивление ТПС в соответствии с НСХ;

$A_{\text{НСХ}}, B_{\text{НСХ}}$ – коэффициенты номинальной статической характеристики в соответствии с ГОСТ 6651-2009.

Рекомендуемые значения температуры в точках поверки для определения метрологических характеристик согласованной пары приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Рекомендуемые значения температуры в точках поверки при определении погрешности измерений разности температур согласованной парой ТПС

№ точки	$t_{д1}, ^\circ\text{C}$	$t_{д2}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$
1	13 (11*)	10	3 (1*)
2	43 (41*)	40	3 (1*)
3	120	105	15
4	105	75	30
5	105	40	65
6	120	10	110
*Для ТПС цифрового исполнения.			

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 ТПС считают годным и допускают к дальнейшей поверке в том случае, если отклонение его сопротивления от НСХ с учетом расширенной неопределенности поверки не превышает допуск соответствующего класса («А» или «В»), т. е. выполнены одновременно два неравенства

$$\begin{aligned} \frac{R_k(t_x) - R_{HCH}(t_x) + U}{dR/dt} &\leq +\Delta t_x, \\ \frac{R_k(t_x) - R_{HCH}(t_x) - U}{dR/dt} &\leq -\Delta t_x, \end{aligned} \quad (6)$$

где $R_k(t_x)$ – среднее значение сопротивления поверяемого ТПС, Ом;
 t_x – средняя температура, измеренная эталонным термометром, °С;
 $R_{HCH}(t_x)$ – значение сопротивления ТПС по НСХ при температуре t_x , Ом;
 U – расширенная неопределенность поверки, рассчитанная по методике, изложенной в ГОСТ 8.461-2009, Ом;
 dR/dt – чувствительность ТПС по НСХ при температуре t_x , Ом/°С;
 $\pm\Delta t_x$ – пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, в соответствии с классом допуска по ГОСТ 6651-2009, °С.

11.2 Результаты поверки согласованной пары ТПС считаются положительными, если отклонение измеренного значения температуры от эталонного значения, для каждого преобразователя температуры из состава согласованной пары, не превышает класса допуска «А» или «В», а абсолютная погрешность измерений разности температур не превышает значений, рассчитанных по формулам

$$\begin{aligned} \Delta_{\Delta t(\text{кл.1})} &= \pm(0,05 + 0,001 \cdot |\Delta t|), \\ \Delta_{\Delta t(\text{кл.2})} &= \pm(0,10 + 0,002 \cdot |\Delta t|), \end{aligned} \quad (7)$$

где Δt – разность температур, °С.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки, измерений и вычислений вносят в протокол произвольной формы.

Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с порядком проведения поверки средств измерений, предусмотренным действующим законодательством РФ.

12.2 При положительных результатах поверки по заявлению заказчика оформляют свидетельство о поверке, подтверждающее соответствие СИ обязательным требованиям к средствам измерений в соответствии с действующим законодательством РФ. Знак поверки наносится в паспорт СИ и (или) на свидетельство о поверке (при его оформлении).

12.3 При отрицательных результатах поверки СИ к применению не допускают, по заявлению заказчика выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с действующим законодательством РФ.