

**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

ЗАМЕСТИТЕЛЬ
ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА
КЕРВЦОВ Е.Г.
ДОВЕРЕННОСТЬ № 4/2025
ОТ 30 ДЕКАБРЯ 2024

М.п. «25» февраля 2025 г.

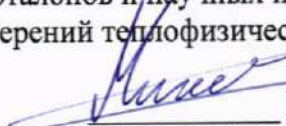
Государственная система обеспечения единства измерений

Приборы для измерения теплофизических характеристик ИТС-сλ-10

Методика поверки

МП 2413-0066-2025

Руководитель сектора
эталонов и научных исследований
в области измерений теплофизических величин


В.А. Михеев

Научный сотрудник лаборатории
государственных эталонов и научных исследований
в области теплового расширения
и комплексного термического анализа


В.В. Власова

Санкт-Петербург

2025 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки применяется для поверки приборов для измерения теплофизических характеристик ИТС-сλ-10 (далее – приборы), изготовленных Обществом с ограниченной ответственностью «ЛМТ», Россия и устанавливает объем, средства и методы первичной и периодической поверок.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единиц теплопроводности и удельной теплоемкости методом прямых измерений мер теплопроводности и мер удельной теплоемкости в соответствии с приказами Росстандарта № 2418 от 21 ноября 2023 г. «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений теплопроводности, теплового сопротивления и температуропроводности твердых тел в диапазоне температуры от 90 до 1100 К», № 3155 от 28 декабря 2024 г. «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений удельной теплоёмкости твердых тел в диапазоне температуры от 2 до 1800 К и удельной энтальпии твердых тел в диапазоне температуры от 260 до 1800 К», подтверждающая прослеживаемость соответственно к Государственному первичному эталону единиц теплопроводности и теплового сопротивления ГЭТ 59-2016 и Государственному первичному эталону единицы удельной теплоемкости твердых тел ГЭТ 60-2019.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений теплопроводности, Вт/(м·К) (при температуре, °С): - режим измерения «замораживание» - режим измерения «оттаивание»	от 0,19 до 6,5 (от +20,0 до -20,0) от 0,19 до 6,5 (от -20,0 до +5,0)
Диапазон измерений удельной теплоемкости, Дж/(кг·К) (при температуре, °С): - режим измерения «замораживание» - режим измерения «оттаивание»	от 600 до 1500 (от +20,0 до -20,0) от 600 до 1500 (от -20,0 до +5,0)
Диапазон показаний удельной теплоемкости, Дж/(кг·К) (при температуре, °С)	от 400 до 4200 (от -20,0 до +20,0)
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений теплопроводности, %	±12,0
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений удельной теплоемкости, %	±10,0

Методика поверки предусматривает возможность проведения поверки для меньшего числа измеряемых величин (по теплопроводности или удельной теплоемкости) и режимах измерений («замораживания» или «оттаивания») на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, при этом делается соответствующая запись в сведениях о результатах поверки средства измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 Для поверки прибора должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – 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	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8
Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО)	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	10
Определение диапазона измерений теплопроводности	Да	Да	10.1
Определение погрешности измерений теплопроводности	Да	Да	10.1
Определение диапазона измерений удельной теплоемкости	Да	Да	10.2
Определение погрешности измерений удельной теплоемкости	Да	Да	10.2
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

2.2 При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки необходимо соблюдать следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25;
- относительная влажность воздуха, % не более 80;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7.

3.2 Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

3.2.1 Проверка наличия свидетельства о предыдущей поверке, руководства по эксплуатации.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка прибора должна выполняться специалистами организации, аккредитованной в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации на проведение поверки средств измерений данного вида, имеющими

необходимую квалификацию и прошедшими обучение.

4.2 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику и эксплуатационную документацию, входящую в состав поверяемого прибора.

4.3 Поверитель должен пройти инструктаж по технике безопасности.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений температуры плюс 15 °С до плюс 25 °С с пределами допускаемой погрешности измерений не более $\pm 0,4$ °С Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 15 % до 80 %, с пределом допускаемой погрешности измерений не более ± 3 % Средства измерений атмосферного давления от 98,3 до 104,3 кПа, с пределами допускаемой погрешности измерений не более ± 5 ГПа	Прибор комбинированный Testo 622, рег. номер в ФИФ 53505-13
10.1 Определение диапазона измерений теплопроводности и определение погрешности измерений теплопроводности	Рабочий эталон единицы теплопроводности, утвержденный приказом Росстандарта № 2418 от 21 ноября 2023 г., границы относительной погрешности 3 %: - мера теплопроводности в диапазоне 0,18-0,20 Вт/(м·К); - мера теплопроводности в диапазоне 6,4-6,7 Вт/(м·К).	Государственный рабочий эталон единицы теплопроводности твердых тел в диапазоне от 0,02 до 20 Вт/(м·К) при температуре от 90 до 1100 К, 3.1.ZZB.0112.2015
10.2 Определение диапазона измерений удельной теплоемкости и определение погрешности измерений удельной теплоемкости	Государственный вторичный эталон единицы удельной теплоемкости твердых тел в диапазоне от 516,0 до 1477,2 Дж/(кг·К) в диапазоне температуры от 250 до 870 К, утвержденный приказом Росстандарта № 315 от 18 февраля 2025 г., суммарное СКО результатов измерений при пяти измерениях не должно превышать 0,7 %: - мера удельной теплоемкости в диапазоне 516,0-881,8 Дж/(кг·К); - мера удельной теплоемкости в диапазоне 1184,0-1477,2 Дж/(кг·К); Весы лабораторные с диапазоном измерений до 100 г, с пределами допускаемой относительной погрешности не более 0,1% в диапазоне от 1 до 100 г, и не более 1% в диапазоне до 1 г.	Государственный вторичный эталон единицы удельной теплоемкости твердых тел в диапазоне от 516,0 до 1477,2 Дж/(кг·К) в диапазоне температуры от 250 до 870 К 2.1.ZZB.0466.2025; весы электронные аналитические АТ250, рег. в ФИФ 12204-90, зав.№ 210000

Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, при которых определение (контроль) метрологических характеристик поверяемых приборов обеспечивается с запасом по точности по отношению к ним не менее $\frac{1}{2}$ согласно государственным поверочным схемам.

5.2 Все применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены в установленном порядке, а эталоны теплопроводности и удельной теплоемкости должны быть аттестованы согласно порядку, установленному приказом Минпромторга РФ от 11.02.2020 № 456.

5.3 Работа с указанными средствами измерений должна проводиться в соответствии с документацией по их эксплуатации.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

- 6.1 При проведении поверки приборов необходимо соблюдать действующие требования:
- общие требования безопасности по ГОСТ 12.3.019 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности»;
 - правила технической эксплуатации электроустановок потребителей, утвержденные приказом Минэнерго России от 13.01.2003 № 6;
 - правила по охране труда, действующие на месте проведения первичной аттестации.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие прибора следующим требованиям:

- соответствие внешнего вида прибора эксплуатационной документации и описанию типа средства измерений;
- комплектность и правильность маркировки прибора должны соответствовать эксплуатационной документации и описанию типа, быть четкой и хорошо читаемой;
- прибор не должен иметь механических повреждений, дефектов покрытий на составных частях прибора, следов несанкционированного вмешательства, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки;
- прибор должен иметь пломбу индикаторную на месте согласно описанию типа;
- соединения в разъемах питания и передачи данных, штуцеры не должны иметь большого люфта и быть надежными.

7.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если выполняются вышеуказанные требования. При наличии дефектов поверяемый прибор бракуется и подлежит ремонту.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка прибора к поверке осуществляется согласно руководству по эксплуатации.

8.2 Провести контроль соблюдения требований условий поверки, указанных в п. 3.1.

8.3 Перед выполнением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

- изучают эксплуатационные документы на поверяемый прибор и руководство по эксплуатации на применяемые средства поверки;
- выдерживают прибор в условиях окружающей среды, указанных в п. 3.1, не менее 12 ч;
- подготавливают к работе средства поверки в соответствии с требованиями их руководств по эксплуатации;
- проверяют комплектность прибора.

8.4 При опробовании выполняют следующие операции:

- проводят подготовку прибора к работе в соответствии с эксплуатационной документацией;

– проверяют работоспособность прибора в соответствии с эксплуатационной документацией на него;

– запускают программу измерений.

В процессе включения прибора на его индикаторном модуле температуры на передней панели, и на экране в программе измерений должна отобразиться температура датчиков. Если после включения на индикаторном модуле и экране компьютера не появляется сообщение об ошибках, то операция считается выполненной успешно.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 При поверке прибора проверяют соответствие ПО описанию типа СИ.

9.2 Номер версии автономного ПО выводится при запуске программы «ИТС-сλ-10» на экране монитора в верхнем левом углу рядом с названием ПО. Номер версии ПО должен быть не ниже приведенного в таблице 4.

9.3 Номер версии встроенного ПО выводится в разделе «Настройки». Номер версии встроенного ПО должен соответствовать, приведенному в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
	Встроенное ПО	Внешнее ПО
Идентификационное наименование ПО	its1_x_x.bin	ИТС-сλ-10
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.x.x	1.x.x
Цифровой идентификатор ПО	-	-
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО	-	-
Примечание – «х» может принимать значение от 0 до 999		

9.4 Результат проверки считают положительным, если номер версии встроенного и внешнего ПО соответствует указанному в таблице 4.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1. Определение диапазона измерений теплопроводности и относительной погрешности измерений теплопроводности.

Определение диапазона измерений теплопроводности проводится совместно с определением относительной погрешности измерений путем однократного измерения мер теплопроводности из таблицы 3 (п. 5.1) в соответствии с руководством по эксплуатации на прибор в следующей последовательности:

- 1) включить прибор для измерения теплофизических характеристик ИТС-сλ-10 согласно руководству по эксплуатации;
- 2) установить меру теплопроводности со значением теплопроводности, равным началу диапазона измерений теплопроводности, в теплоизмерительную ячейку прибора;
- 3) теплоизмерительную ячейку разместить на пассивном термостатирующем блоке ПТБ-2, находящемся в морозильной камере, и запустить измерение в режиме «замораживание» согласно руководству по эксплуатации;
- 4) после окончания измерения в режиме «замораживание» теплоизмерительную ячейку переместить на пассивный термостатирующий блок ПТБ-1, находящемся на рабочем столе при комнатной температуре, и запустить измерение в режиме «оттаивание» согласно руководству по эксплуатации, не изменяя настроек измерений;
- 5) после окончания измерения зафиксировать измеренные значения теплопроводности, полученные в режимах «замораживание» и «оттаивание»;
- 6) повторить п. 2-5, используя меру теплопроводности со значением теплопроводности, равным концу диапазона измерений теплопроводности.

Для определения относительной погрешности прибора используют измеренный значения теплопроводности ($\lambda_{изм}$) рабочего эталона теплопроводности в режиме «замораживание» при температурах 15 ± 5 °C, 0 ± 5 °C, минус 15 ± 5 °C; в режиме «оттаивание» при температурах минус 15 ± 5 °C, 0 ± 5 °C.

10.2. Определение диапазона измерений удельной теплоемкости и относительной погрешности измерений удельной теплоемкости.

Определение диапазона измерений удельной теплоемкости проводится совместно с определением относительной погрешности измерений путем однократного измерения мер удельной теплоемкости из таблицы 3 (п. 5.1) в каждом из трех стаканов в соответствии с руководством по эксплуатации на прибор в следующей последовательности:

- 1) включить прибор для измерения теплофизических характеристик ИТС-сЛ-10 согласно руководству по эксплуатации;
- 2) установить предварительно взвешенную меру удельной теплоемкости со значением удельной теплоемкости, равным началу диапазона измерений удельной теплоемкости, в стакан теплоизмерительной ячейки прибора;
- 3) теплоизмерительную ячейку разместить на пассивном термостатирующем блоке ПТБ-2, находящемся в морозильной камере, и запустить измерение в режиме «замораживание» согласно руководству по эксплуатации;
- 4) после окончания измерения в режиме «замораживание» теплоизмерительную ячейку переместить на пассивный термостатирующий блок ПТБ-1, находящемся на рабочем столе при комнатной температуре, и запустить измерение в режиме «оттаивание» согласно руководству по эксплуатации, не изменяя настроек измерений;
- 5) после окончания измерения зафиксировать измеренные значения удельной теплоемкости, полученные в режимах «замораживание» и «оттаивание»;
- 6) повторить п. 2-5 для каждого из трех стаканов для образцов;
- 7) повторить п. 2-6, используя меру удельной теплоемкости со значением удельной теплоемкости, равным концу диапазона измерений удельной теплоемкости.

Допускается отличие удельной теплоемкости меры удельной теплоемкости от значений границы диапазона измерений прибора не более чем на 15 %.

Для определения относительной погрешности прибора используют измеренные значения удельной теплоемкости ($C_{изм}$) вторичного эталона удельной теплоемкости в режиме «замораживание» при температурах 20 ± 2 °C, 10 ± 2 °C, 0 ± 2 °C, минус 10 ± 2 °C, минус 20 ± 2 °C; в режиме «оттаивание» при температурах минус 20 ± 2 °C, минус 10 ± 2 °C, минус 5 ± 2 °C, 0 ± 2 °C, 5 ± 2 °C.

11 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

11.1 Для каждой меры теплопроводности вычисляют относительную погрешность по формуле 1:

$$\delta = \frac{(\lambda_{изм} - \lambda_{рз})}{\lambda_{рз}} \cdot 100 \% \quad (1)$$

где: δ – относительная погрешность измерений теплопроводности, %;

$\lambda_{изм}$ – измеренное значение теплопроводности по п. 10.1, Вт/(м·К) при соответствующей температуре;

$\lambda_{рз}$ – номинальное значение теплопроводности эталонной меры рабочего эталона при соответствующей температуре, Вт/(м·К).

11.2 Для каждой меры определяется среднее арифметическое значение удельной теплоемкости в режиме «замораживание» и среднее арифметическое удельной теплоемкости в режиме «оттаивание», Дж/(кг·К) по формуле 2, при температурах, указанных в п. 10.2:

$$\overline{C_{изм}} = \frac{\sum_{i=1}^3 C_{изм}}{3}, \quad (2)$$

где $C_{\text{изм}}$ – измеренное значение удельной теплоемкости для каждого из трех стаканов, Дж/(кг·К), при конкретном значении температуры;

Затем для каждой меры определяется относительная погрешность измерений удельной теплоемкости, %, по формуле 3:

$$\delta C = 100 \cdot (\overline{C_{\text{изм}}} - C_{\text{ст}}) / C_{\text{ст}} \quad (3)$$

где $C_{\text{ст}}$ – значение удельной теплоёмкости меры из состава Государственного вторичного эталона удельной теплоёмкости при соответствующей температуре.

11.3 Результат поверки считают положительным, а прибор – пригодным к применению, если диапазон измерений теплопроводности и удельной теплоемкости и значения относительной погрешности, полученные соответственно по п.п. 10.1-10.2, соответствуют требованиям, указанным в таблице 1.

12 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

12.1. Результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в приложении А.

12.2. Сведения о положительных результатах первичной и периодической поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений прибора и прибор признается годным и допускается к применению. По заявлению владельца прибора или лица, представившего его на поверку, может быть выдано свидетельство о поверке (в случае его оформления) и/или в паспорт прибора наносится знак поверки.

12.3. Сведения об отрицательных результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений прибора, владельцу прибора или лицу, представившего его на поверку, выдается извещение о непригодности к применению и прибор не допускается к применению до выяснения причин неисправности и их устранения.

Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ № _____ дата _____

Наименование прибора, тип	
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по ОЕИ	
Заводской номер	
Изготовитель	
Год выпуска	
Заказчик	
Серия и номер знака предыдущей поверки	
Дата предыдущей поверки	

Вид поверки периодическая (первичная)

Методика поверки: МП 2413-0066-2025 «ГСИ. Приборы для измерения теплофизических характеристик ИТС-сЛ-10. Методика поверки», согласованная ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 25.02.2025 г.

Средства поверки:

Наименование и регистрационный номер эталона, тип СИ, заводской номер	Метрологические характеристики	

Условия поверки:

Параметры	Требования НД	Измеренные значения
Температура окружающего воздуха, °С		
Относительная влажность воздуха, %		
Атмосферное давление, кПа		

Результаты поверки:

- 1 Внешний осмотр
- 2 Опробование
- 3 Подтверждение соответствия ПО, версия:
- 4 Результаты определения метрологических характеристик:
- 4.1. Результаты определения относительной погрешности измерений теплопроводности, %:

Наименование меры	Наименование режима	t, °С	λ_{pz} , Вт/(м·К)	$\lambda_{изм}$, Вт/(м·К)	δ , %
	Замораживание				
	Оттаивание				

4.2 Результаты определения относительной погрешности измерений удельной теплоемкости, %:

№ стан- ка а	Наименование режима	Наименование меры	Аттестованное значение, удельной теплоемкости меры, Дж/(кг·К)	Измеренное значение, удельной теплоемкости меры, Дж/(кг·К)	Среднее измеренное значение удельной теплоемкости меры для данного режима, Дж/(кг·К)	Пределы допускаемого значения δC , %
1	Режим «Замораживание»					
2						
3						
1	Режим «оттаивание»					
2						
3						

Заключение:

Прибор для измерения теплофизических характеристик ИТС-сЛ-10, серийный № _____ соответствует (не соответствует) предъявленным требованиям и признан годным (не годным) к применению.

На основании результатов поверки выдано:

Свидетельство о поверке № _____ от _____ дата

(извещение о непригодности № _____ дата

Причина непригодности _____)

Поверку произвел _____ дата

ФИО

подпись