

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



УТВЕРЖДАЮ

И.о. генерального директора
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»


А.Н. Пронин

06 июля 2021 г.

М. п.


Государственная система обеспечения единства измерений

Калориметры потоковые газовые Rhadox 7300


Методика поверки

МП 2414 – 0076– 2021

Руководитель лаборатории
государственных эталонов и научных исследований
в области калориметрии сжигания
и высокочистых веществ метрологического
назначения


Е.Н. Корчагина

Научный сотрудник


Я.В. Казарцев

Санкт-Петербург
2021 г.

1 Общие положения

1.1 Область применения

Настоящая методика поверки (далее – методика) устанавливает процедуру и средства первичной и периодической поверки калориметров потоковых газовых Rhadox 7300, изготавливаемых компанией AMS Analysen-, Mess- und Systemtechnik GmbH, Германия. Калориметры потоковые газовые Rhadox 7300 (далее – калориметры) предназначены для измерений в непрерывном (поточном) режиме объемной теплоты (энергии) сгорания горючих газов, а также индикации их теплотехнических параметров: относительной плотности, числа Воббе и индекса CARI в режиме реального времени.

Метод поверки калориметров заключается в проведении измерений низшей объемной теплоты сгорания мер стандартных образцов низшей объемной энергии сгорания газов и/или рабочих эталонов единицы ОТС в соответствии с документом «Государственная поверочная схема для средств измерений энергии сгорания, удельной энергии сгорания и объемной энергии сгорания» (утверждена Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2828), и сравнении опорных значений ОТС с результатами измерений с целью определения нормируемых метрологических характеристик калориметров: диапазона измерений ОТС и относительной погрешности измерений в данном диапазоне, а также обеспечения прослеживаемости результатов измерений, полученных на калориметре, к Государственному первичному эталону единиц энергии сгорания, удельной энергии сгорания и объемной энергии сгорания ГЭТ 16-2018.

Методика устанавливает методы и средства первичной (при ввозе в страну) и периодической поверки калориметров (после ремонта, при установке у потребителя и в эксплуатации), и распространяется на все калориметры, находящиеся в эксплуатации, включая вновь изготавливаемые.

Методикой поверки предусмотрена поверка калориметра в рабочем диапазоне измерений, границы которого не превышают границ диапазона от 5 до 90 МДж/м³ в соответствии с видами исследуемых газов (границы рабочего диапазона измерений конкретного экземпляра калориметра указываются в его Паспорте).

Методикой поверки предусмотрена возможность проведения поверки отдельных каналов токового выхода калориметров, задействованных в цепях управления или регулирования. В случае введения в работу ранее не задействованных каналов токового выхода, если срок действия сведений о поверке калориметра еще не истек, необходимо проведение поверки только вновь добавленных каналов, в соответствии с методикой поверки в объеме операций, предусмотренных для первичной поверки. Результат поверки канала оформляется передачей сведений о поверке в ФГИС «Аршин» со сроком действия, совпадающим со сроком действия сведений о поверке на калориметр в целом.

1.2 В настоящей методике применены следующие нормативные ссылки:

«Государственная поверочная схема для средств измерений энергии сгорания, удельной энергии сгорания и объемной энергии сгорания», утвержденная Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарта) от 29 декабря 2018 г. № 2828.

«Государственная поверочная схема для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-6}$ до 100 А», утвержденная Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01 октября 2018 г. № 2091.

ГОСТ 8.395-80 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормальные условия измерений при поверке. Общие требования».

ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

ГОСТ 949-73 «Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на $P_p \leq 19,6$ МПа (200 кгс/см²). Технические условия».

Примечание – При пользовании настоящей методикой целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

1.3 В настоящей методике применены следующие сокращения:

СО – стандартный образец утвержденного типа;

МХ – метрологические характеристики;

ОТС – объемная теплота (энергия) сгорания;

ПГС – поверочная газовая смесь (СО или РЭ);

РЭ – рабочий эталон;

СИ – средство измерений;

ФИФ – Федеральный информационный фонд.

1.4 В настоящей методике применены следующие обозначения:

$H_{ПГС}$ – опорное значения ОТС поверочной газовой смеси, МДж/м³;

n – количество единичных измерений;

i – текущее измерение;

H_i – i -й результат измерений ОТС поверочной газовой смеси, МДж/м³;

$H_{в}$, $H_{н}$ – верхний и нижний предел рабочего диапазона измерений ОТС в соответствии Паспортом калориметра, МДж/м³;

I_H, I_W – значения сигнала постоянного тока на токовом выходе калориметра, соответствующие измеренному значению ОТС, мА;

I_B и I_N – верхний и нижний предел унифицированного сигнала токового выхода калориметра соответственно мА;

Примечание — $I_N = 4$ мА, $I_B = 20$ мА.

H_I – результат измерения ОТС по токовому выходу калориметра, МДж/м³;

δ_0 – относительная погрешность измерений ОТС, %.

2 Перечень операций поверки калориметра

2.1 Процедура поверки калориметров предусматривает проведение внешнего осмотра, опробование, подтверждение соответствия ПО, определение МХ калориметра и обработку результатов измерений.

2.2 При проведении поверки калориметра должны выполняться следующие операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень операций, выполняемых при проведении поверки калориметров:

Наименование операции	Номер подраздела	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	10.1	Да	Да
Подтверждение соответствия программного обеспечения	10.2	Да	Да
Опробование	10.3	Да	Да
Определение метрологических характеристик калориметра в границах рабочего диапазона измерений ¹⁾ :	10.4	Да	Да
– по цифровому индикатору		Да	Да
– по токовому выходу ²⁾		Да	Да
Обработка результатов измерений	10.5	Да	Да

¹⁾ Поверка калориметра проводится в рабочем диапазоне измерений, границы которого могут быть изменены в сторону сужения в границах основного диапазона от 5 до 90 МДж/м³ в соответствии с видами исследуемых газов.

²⁾ Не проводится, если не используется токовый выход. При задействовании в работу незадействованного ранее токового выхода (или дополнительных токовых выходов) необходимо проведение операций поверки только для вновь задействованных токовых выходов в объеме операций, предусмотренных настоящей методикой для первичной поверки.

2.3 Перед проведением поверки выясняют границы рабочего диапазона калориметра, указанные в его Паспорте.

2.4 Поверку прекращают, если в результате выполнения той или иной операции поверки получен отрицательный результат.

3 Требования к условиям проведения поверки калориметра

3.1 При проведении поверки калориметра должны соблюдаться условия проведения поверки в соответствии с ГОСТ 8.395-80, условия эксплуатации поверяемого СИ и применяемых средств поверки, а также требования к условиям окружающей среды, указанные в таблице 2:

Таблица 2 – Условия проведения поверки

– температура окружающего воздуха, °С	от -5 до +45
– атмосферное давление, кПа	от 96 до 104
– относительная влажность, %	не более 90

3.2 Оборудование помещения, в котором находится поверяемое СИ, должно соответствовать требованиям его эксплуатационной документации.

3.3 В месте проведения поверки СИ должны отсутствовать: вибрация, тряска, удары, установки, создающие сильное электромагнитное излучение, сильные потоки воздуха, помехи сети электрического питания.

3.4 СИ предоставляется на поверку своевременно откалиброванным согласно требованиям его эксплуатационной документации.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку калориметра

4.1 Поверку проводят специалисты органов Государственной метрологической службы.

4.2 Проводящие поверку должны быть ознакомлены с нормативным документом ГОСТ 8.395, приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 [1], а также с эксплуатационной документацией поверяемого СИ и применяемых средств поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки калориметра

5.1 При проведении поверки должны использоваться следующие средства поверки (см. таблицу 3).

5.2 Допускается применение средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого калориметра с требуемой (или лучшей) точностью.

5.3 Средства поверки, представленные в таблице 3, должны иметь действующие свидетельства о поверке. К баллону с мерой ОТС должен прилагаться формуляр / паспорт, содержащий опорное значение низшей ОТС и показатели точности опорного значения.

Таблица 3 – Перечень средств поверки

Номер пункта МП	Наименование и тип (условное обозначение) средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.3, 8.7, 10.1 «а», 10.3	СО низшей объемной энергии сгорания газов*: ГСО 11662-2020, ГСО 11663-2020, ГСО 11664-2020, ГСО 11665-2020, РЭ единицы ОТС газов*: 3.1.ZZB.0015.2012, 3.1.ZZB.0016.2012, 3.1.ZZB.0017.2012, 3.1.ZZB.0018.2014, 3.1.ZZB.0020.2014, 3.1.ZZB.0035.2014, 3.1.ZZB.0246.2017, 3.1.ZZB.0247.2017 в соответствии с «Государственной поверочной схемой для средств измерений энергии сгорания, удельной энергии сгорания и объемной энергии сгорания», утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2828. СО или РЭ должны находиться в газовых баллонах по ГОСТ 949-73. Объем баллона: от 4 до 12 дм ³ ; давление газа в баллоне: от 4 до 15 МПа
8.4, 8.7, 10.1 «б», 10.3	Амперметр или калибратор постоянного тока в соответствии с «Государственной поверочной схемой для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от 1·10 ⁻⁶ до 100 А», утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 01 октября 2018 г. № 2091 – РЭ 2-го разряда / СИ (4..20 мА, Δ ₀ ≤ 2,0 %) (например: калибратор токовой петли РЗУ-420, рег. № в ФИФ 49877-12)
8.6	Измеритель температуры воздуха: термопреобразователь сопротивления или термоэлектрический преобразователь по ГОСТ 8.558-2009 [2] – РЭ 3-го разряда / СИ (-5...+45 °С, δ ≤ 0,5 °С) (например: термогигрометр ИВА-6, рег. № в ФИФ 46434-11)
	Измеритель относительной влажности воздуха: гигрометр по ГОСТ 8.547-2009 [3] – РЭ 2-го разряда / СИ (5...90 %, Δ ₀ ≤ 10 %) (например: термогигрометр ИВА-6, рег. № в ФИФ 46434-11)
	Измеритель атмосферного давления: барометры (любого типа) по ГОСТ Р 8.840-2013 [4] – РЭ 3-го разряда / СИ (96 – 104 кПа, Δ ₀ ≤ 200 Па) (например: барометр рабочий сетевой БРС-1М, рег. № в ФИФ 16006-97)
* – выбираются поверителем исходя из границ рабочего диапазона калориметра (см. п. 5.4);	

5.4 Поверочные газовые смеси в количестве 2-х шт. выбираются поверителем исходя из границ рабочего диапазона калориметра:

– ПГС № 1: аттестованное значение низшей ОТС должно находиться вблизи нижней границы диапазона измерений поверяемого калориметра в соответствии с его Паспортом.

– ПГС № 2: аттестованное значение низшей ОТС должно находиться вблизи верхней границы диапазона измерений поверяемого калориметра в соответствии с его Паспортом.

Компонентный состав поверочных газовых смесей должен быть близким по содержанию компонентов к рабочему газу.

5.5 При определении метрологических характеристик калориметра по токовому выходу средства поверки подключают к токовому выходу в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации (пример подключения приведен в приложении А).

6 Требования безопасности

6.1 Все работы, относящиеся к поверке СИ, должны быть выполнены с соблюдением требований безопасности, приведенных в эксплуатационной документации поверяемого СИ.

6.2 При поверке соблюдают требования безопасности и санитарно-гигиенические требования по ГОСТ 12.1.007.

6.3 При проведении поверки соблюдают правила ПОТ Р М–016–2001 РД 153–34.0–03.150–00 [5] и правила ПТЭЭП [6].

6.4 Запрещается работать с СИ при отсутствии защитного заземления. Заземление должно быть выполнено в соответствии с правилами ПТЭЭП [3].

6.5 Работу с баллонами, содержащими газовые смеси под давлением, проводят в соответствии с правилами [7].

7 Внешний осмотр калориметра

7.1 При внешнем осмотре устанавливают:

– комплектность и маркировку калориметра в соответствии с требованиями эксплуатационной документации;

– целостность замков и пломб (при их наличии) на дверцах металлического шкафа калориметра;

– отсутствие внешних повреждений, способных повлиять на работоспособность калориметра;

– отсутствие трещин, вмятин, разрывов, перегибов, следов коррозии на газовых магистралях и элементах системы газовой подводки калориметра;

– исправность органов управления, настройки, коррекции, отображения данных.

7.2 Калориметры, забракованные при внешнем осмотре, дальнейшей поверке не подлежат.

8 Подготовка к проведению поверки и опробование калориметра

8.1 Выдерживают калориметр во включенном состоянии до готовности к проведению измерений в течение времени, предусмотренного эксплуатационной документацией.

8.2 Проверяют работоспособность всех систем калориметра, обеспечивающих режим измерений, в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

8.3 К газовому входу калориметра подключают газовый баллон (ПГС № 1).

8.4 В случае, если в эксплуатации калориметра задействован токовый выход (выходы), производят подключение средства измерений постоянного тока в соответствии с электрической схемой, приведенной в приложении А.

Примечание — При периодической поверке в отсутствие возможности подключения к токовому выходу (например, при работе калориметра в режиме непрерывного контроля параметров производства, цепях регулирования, вследствие невозможности остановки технологического процесса и т.д.) допускают проведение поверки токового выхода по показаниям подключенного к нему вторичного (используемого в цепи регулирования, контроля параметров и т.д.) прибора, имеющего действующее свидетельство о поверке. Метрологические характеристики вторичного прибора должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 3. Сведения об используемом вторичном приборе вносятся в протокол поверки (приложение Б).

8.5 Открывают вентиль баллона и устанавливают необходимое давление на входе газа в калориметр.

8.6 Производят измерения температуры в месте установки калориметра.

8.7 Опробование:

8.7.1 Подают газовую смесь в калориметр в течение времени, необходимого для стабилизации показаний измерительной системы. Показания считают стабильными при дрейфе измеряемой величины не более $\pm 0,01$ МДж/м³ между двумя единичными измерениями, по токовому выходу – не более $\pm 0,01$ мА между двумя единичными измерениями.

8.7.2 Производят проверку корректности показаний теплотехнических параметров газа – относительной плотности, числа Воббе и индекса CARI. Формулы для расчета параметров при подтверждении правильности показаний представлены в пп. В.3 – В.5 Приложения В.

8.7.3 Не прекращая подачу газовой смеси, переходят к процедуре определения метрологических характеристик калориметра.

9 Проверка программного обеспечения калориметра

9.1 При проведении поверки необходимо выполнить подтверждение соответствия идентификационных данных программного обеспечения. Для идентификации ПО калориметра необходимы следующие идентификационные данные ПО:

- идентификационное наименование ПО (см. таблицу 4);
- номер версии ПО (см. таблицу 4);
- заводской номер поверяемого калориметра.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значения
Идентификационное наименование ПО	Rhadox 7300
Номер версии ПО, не ниже	1.0xxx ¹⁾
¹⁾ – «xxx» – часть номера подверсии, в диапазоне от 450 до 999.	

9.2 Для отображения идентификационных данных необходимо выключить, а затем снова включить калориметр. Идентификационное наименование ПО отображается при включении калориметра в виде «Rhadox 7300» + «Initializing...», номер версии ПО отображается далее в формате «Rhadox 1.x» (верхняя строка) + «1.0xxx – заводской номер» (нижняя строка). Номер версии ПО и заводской номер поверяемого калориметра сверяется с содержимым нижней строки.

9.3 При несовпадении наименования и номера версии ПО с данными, представленными в таблице 4, а также заводского номера поверяемого калориметра, отображаемого посредством ПО, с номером, нанесенным на корпус прибора, калориметр дальнейшей поверке не подлежит.

9.4 Результаты идентификации ПО отражают в протоколе поверки (приложение Б).

10 Определение метрологических характеристик калориметра

10.1 В режиме измерений для каждой ПГС проводят последовательную регистрацию 2-х результатов измерений объемной теплоты сгорания ПГС, отображаемых:

- а) на цифровом индикаторе калориметра (H_1, H_2);
- б) индицируемых средством измерений постоянного тока, подключенным к токовому выходу калориметра (I_1, I_2), либо СИ, задействованным в цепи контроля / регулирования (см. Примечание к п 8.4). Если в цепях контроля / регулирования задействовано несколько токовых выходов – для каждого токового выхода результаты (I_1, I_2) регистрируются отдельно.

10.2 Останавливают подачу газовой смеси, закрывают вентиль газового баллона, отсоединяют баллон от калориметра.

10.3 Аналогично проводят определение метрологических характеристик калориметра, используя ПГС № 2, выполняя операции поверки в соответствии с пп. 8.3, 8.7, 10.1 для цифрового индикатора и задействованного в эксплуатации токового выхода.

10.4 Обработку полученных результатов проводят в соответствии с алгоритмом, приведенным в п. 10.5.

10.5 Обработка результатов измерений

10.5.1 В случае, если калориметр откалиброван и настроен на представление данных в условиях измерений, отличных от стандартных, выполняют пересчет полученных результатов на стандартные условия в соответствии с п. В.1 Приложения В.

10.5.2 В случае, если калориметр настроен на представление ОТС в размерности [ккал/м³], а опорное значение ОТС представлено в [МДж/м³] выполняют пересчет H в размерность [МДж/м³] в соответствии с п. В.2 Приложения В.

10.5.3 Обработка результатов измерений для каждой из двух ПГС проводится в соответствии с таблицами 5, 6 после приведения полученных значений к условиям измерений $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ (293,15 К), $p = 101,325 \text{ кПа}$ и размерности [МДж/м³].

10.5.4 Для каждого измерения H_1 и H_2 двух ПГС рассчитывают отклонения от опорного значения (Таблица 5, строки 5 и 6).

10.5.5 Относительную погрешность рассчитывают по формуле (таблица 5, строка 8), как отношение модуля наибольшего отклонения к опорному значению ОТС.

Таблица 5 – Наименования и обозначения характеристик, единицы измерений и формулы для определения относительной погрешности калориметра при измерении ОТС по цифровому индикатору

№	Наименование	Обозначение и формула	Единица измерений
1	Опорное значение ОТС поверочной газовой смеси	$H_{ПГС}$	МДж/м ³
2	Число измерений	2	
3	1-е измеренное значение ОТС	H_1	МДж/м ³
4	2-е измеренное значение ОТС	H_2	МДж/м ³
5	Отклонение первого измеренного значения от опорного значения	$\Theta_1 = H_1 - H_{ПГС}$	МДж/м ³
6	Отклонение второго измеренного значения от опорного значения	$\Theta_2 = H_2 - H_{ПГС}$	МДж/м ³
7	Наибольшее из значений $ \Theta_1 $ или $ \Theta_2 $	Θ_{max}	МДж/м ³
8	Относительная погрешность калориметра	$\delta = 100 * \Theta_{max} / H_{ПГС}$	%
9	Условие соответствия требованиям Описания типа	$\delta \leq \pm 1,5$	%

Таблица 6 – Наименования и обозначения характеристик, единицы измерений и формулы для определения относительной погрешности калориметра при измерении ОТС по токовому выходу

№	Наименование	Обозначение и формула	Единица измерений
1	Нижний предел диапазона измерений ОТС	H_n	МДж/м ³
2	Верхний предел диапазона измерений ОТС	H_v	МДж/м ³
3	Нижний предел токового сигнала	I_n	мА
4	Верхний предел токового сигнала	I_v	мА
5	Опорное значение ОТС поверочной газовой смеси	$H_{ПГС}$	МДж/м ³
6	Первое измеренное значение токового сигнала, соответствующее измеряемой величине	I_1	мА
7	Второе измеренное значение токового сигнала, соответствующее измеряемой величине	I_2	мА
8	Первое расчетное значение измерений низшей объемной теплоты сгорания, соответствующее I_1	$H_{1,1} = H_n + (H_v - H_n) \frac{I_1 - I_n}{I_v - I_n}$	МДж/м ³
9	Второе расчетное значение измерений низшей объемной теплоты сгорания, соответствующее I_2	$H_{1,2} = H_n + (H_v - H_n) \frac{I_2 - I_n}{I_v - I_n}$	МДж/м ³
10	Отклонение первого расчетного значения от опорного	$\Theta_1 = H_{1,1} - H_{ПГС}$	МДж/м ³
11	Отклонение второго расчетного значения от опорного	$\Theta_2 = H_{1,2} - H_{ПГС}$	МДж/м ³
12	Наибольшее из значений $ \Theta_1 $ или $ \Theta_2 $	Θ_{max}	МДж/м ³
13	Относительная погрешность калориметра	$\delta_1 = 100 * \Theta_{max} / H_{ПГС}$	%
14	Условие соответствия требованиям Описания типа	$\delta_1 \leq \pm 1,5 \%$	%

10.5.6 Пересчитывают каждое значение измеренного токового сигнала в значение ОТС (таблица 6, строки 8 и 9).

10.5.7 Для каждого из двух измерений рассчитывают отклонения от опорного значения (таблица 6, строки 10 и 11).

10.5.8 Относительную погрешность рассчитывают по формуле (таблица 6, строка 13), как отношение модуля наибольшего отклонения к опорному значению ОТС.

11 Подтверждение соответствия калориметра метрологическим требованиям

11.1 Результаты поверки считаются положительными:

– в случае получения положительных результатов на этапах поверки согласно разделам 7, 8, 9.

– в случае соответствия полученных МХ калориметра требованиям Описания типа – п. 9 таблицы 5 – по результатам измерений для каждой из двух ПГС;

– если задействован токовый выход (выходы) – случае соответствия полученных МХ калориметра требованиям Описания типа – п. 14 таблицы 6 для каждого из задействованных в работе калориметра токовых выходов.

11.2 Если хотя бы по одному из этапов поверки получен отрицательный результат, то результат поверки считается отрицательным.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты измерений вносят в протокол поверки, форма которого приведена в Приложении Б.

12.2 Результат поверки оформляется передачей сведений о поверке в ФГИС «Аршин».

12.3 Дополнительно, по требованию заказчика:

– на калориметр, признанный годным к применению, выдают свидетельство о поверке установленной формы;

– при отрицательных результатах поверки выдают извещение о непригодности установленной формы с указанием причин непригодности.

12.4 По требованию заказчика знак поверки наносится на Паспорт калориметра в виде оттиска (раздел «Поверка», столбец «Знак поверки»).

Приложение А (справочное)

Пример подключения средств поверки для определения метрологических характеристик калориметра по токовому выходу

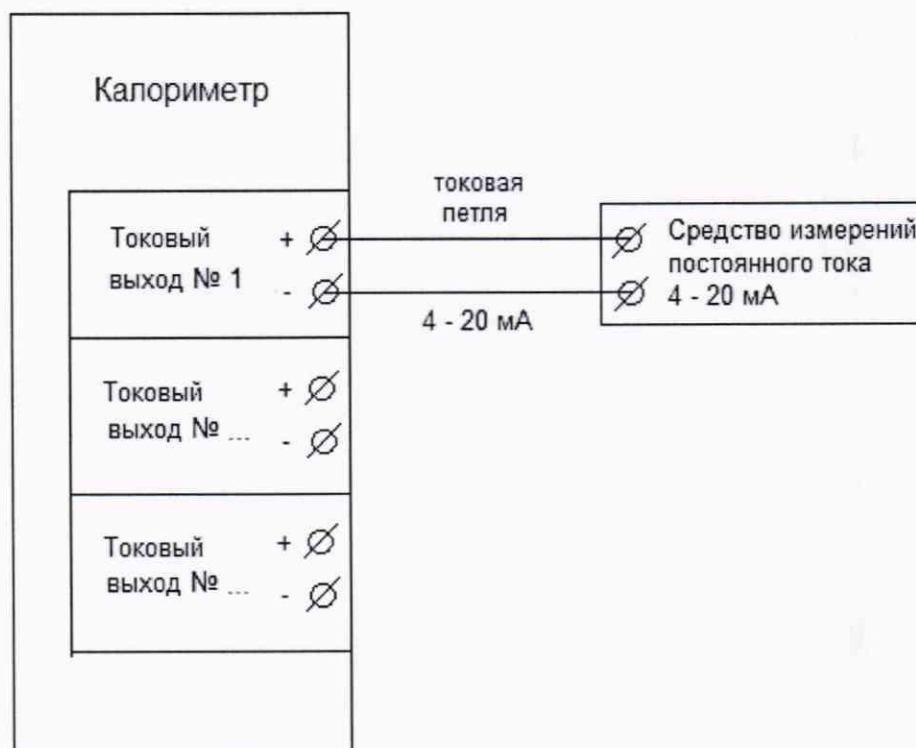


Рисунок А.1 – Пример подключения средств поверки для определения метрологических характеристик калориметра по токовому выходу

Примечание:

Подключение оборудования производится в обесточенном состоянии!

Поверяемый токовый выход калориметра необходимо настроить на вывод сигнала, соответствующего значению измеряемой величины.

Приложение Б

(обязательное)

Форма протокола поверки

Наименование СИ, тип	Калориметр потоковый газовый Rhadox 7300
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по ОЕИ	
Заводской номер	
Изготовитель	
Год выпуска	
Заказчик	
Серия и номер знака предыдущей поверки	
Дата предыдущей поверки	
Адрес места выполнения поверки	
Вид поверки	первичная / периодическая
Методика поверки	МП 2414-0076-2021 «Калориметры потоковые газовые Rhadox 7300. Методика поверки»

Средства поверки	Метрологические характеристики
ПГС № 1 (наименование, номер) Баллон № ____, объем __ дм ³ , давление __ МПа. Паспорт ГСО № ____ от ____. Свидетельство об аттестации № ____, от ____, выдано ____, срок годности ____. ПГС № 2 (наименование, номер) (заполняется аналогично)	$H_{ПГС} = \text{____} \pm \text{____} \text{ МДж/м}^3$; (указать высшее значение ОТС, к какой температуре и давлению приведен объем газа).
<Наименование>, зав. № _____, свидетельство о поверке № _____, выдано _____, срок годности _____.	

Условия поверки:

Параметры	Измеренные значения	Требования МП
– температура окружающего воздуха, °С		от -5 до +45
– диапазон атмосферного давления, кПа		от 96 до 104
– относительная влажность воздуха, %		не более 90

Результаты поверки:

Результаты внешнего осмотра: _____

Подтверждение соответствия идентификационных данных ПО: _____

– идентификационное наименование: _____

– номер версии: _____

– заводской номер калориметра, индицируемый ПО: _____

Результаты определения метрологических характеристик калориметра:

Таблица Б.1 – Результаты определения МХ калориметра по цифровому индикатору

№	Наименование	Обозначение и формула	Единица измерений
1	Опорное значение ОТС поверочной газовой смеси	$H_{ПГС}$	МДж/м ³
2	Число измерений	2	
3	1-е измеренное значение ОТС	H_1	МДж/м ³
4	2-е измеренное значение ОТС	H_2	МДж/м ³
5	Отклонение первого измеренного значения от опорного значения	$\Theta_1 = H_1 - H_{ПГС}$	МДж/м ³
6	Отклонение второго измеренного значения от опорного значения	$\Theta_2 = H_2 - H_{ПГС}$	МДж/м ³
7	Наибольшее из значений $ \Theta_1 $ или $ \Theta_2 $	Θ_{max}	МДж/м ³
8	Относительная погрешность калориметра	$\delta = 100 * \Theta_{max} / H_{ПГС}$	%

Примечание: для второй ПГС таблица Б.1 заполняется аналогично.

Таблица Б.2 – Результаты определения МХ калориметра по токовому выходу (для каждого из задействованных токовых выходов заполняется отдельно)

№	Наименование	Обозначение и формула	Единица измерений
1	Нижний предел диапазона измерений ОТС	H_n	МДж/м ³
2	Верхний предел диапазона измерений ОТС	$H_в$	МДж/м ³
3	Нижний предел токового сигнала	I_n	мА
4	Верхний предел токового сигнала	$I_в$	мА
5	Опорное значение ОТС поверочной газовой смеси	$H_{ПГС}$	МДж/м ³
6	Первое измеренное значение токового сигнала, соответствующее измеряемой величине	I_1	мА

7	Второе измеренное значение токового сигнала, соответствующее измеряемой величине	I_2	мА
8	Первое расчетное значение измерений низшей объемной теплоты сгорания, соответствующее I_1	$H_{I,1} = H_n + (H_g - H_n) \frac{I_1 - I_n}{I_g - I_n}$	МДж/м ³
9	Второе расчетное значение измерений низшей объемной теплоты сгорания, соответствующее I_2	$H_{I,2} = H_n + (H_g - H_n) \frac{I_2 - I_n}{I_g - I_n}$	МДж/м ³
10	Отклонение первого расчетного значения от опорного	$\Theta_1 = H_{I,1} - H_{ПГС}$	МДж/м ³
11	Отклонение второго расчетного значения от опорного	$\Theta_2 = H_{I,2} - H_{ПГС}$	МДж/м ³
12	Наибольшее из значений $ \Theta_1 $ или $ \Theta_2 $	Θ_{max}	МДж/м ³
13	Относительная погрешность калориметра	$\delta_I = 100 * \Theta_{max} / H_{ПГС}$	%

Примечание: для второй ПГС таблица Б.2 заполняется аналогично.

Таблица Б.3 – Метрологические характеристики калориметра:

Наименование МХ	Значения погрешностей		Примечание
	полученное	нормируемое	
Относительная погрешность измерения объемной теплоты сгорания:			
– по цифровому индикатору: – для ПГС № 1 – для ПГС № 2 – по токовому выходу: – для ПГС № 1 – для ПГС № 2	δ_1 δ_2 $\delta_{I,1}$ $\delta_{I,2}$	$\pm 1,5$	Соответствует требованиям описания типа

На основании результатов поверки выдано:

свидетельство о поверке № _____ от _____
 (/ извещение о непригодности к применению № _____ от _____
 <причины непригодности ... >).

Поверку произвел: _____
 (подпись) (ФИО) (дата)

Приложение В (обязательное)

Формулы для пересчета ОТС и расчета теплотехнических параметров газа

В.1 Опорное значение ОТС поверочных газовых смесей представляется при стандартных условиях измерений. В случае, если калориметр откалиброван и настроен на представление данных в условиях измерений, отличных от стандартных (температура, к которой приводится объем газа, отлична от 20 °С), выполняют пересчет H на стандартные условия:

$$H(t_0, p) = H(t, p) \cdot \frac{t}{t_0}, \quad (\text{В.1})$$

где $t_0 = 20$ °С (293,15 К), $p = 101,325$ кПа – стандартные условия измерений, а t – установка поверяемого калориметра.

В.2 В случае, если калориметр настроен на представление ОТС в размерности [ккал/м³], а опорное значение ОТС представлено в [МДж/м³] выполняют пересчет H в размерность [МДж/м³]:

$$H [\text{МДж} / \text{м}^3] = H [\text{ккал} / \text{м}^3] \cdot 4,1868 \cdot 10^{-3} \quad (\text{В.2})$$

В.3 Относительную плотность мер ОТС вычисляют в соответствии с методикой [5]:

$$d = \frac{\sum_{j=1}^N x_j \cdot \frac{M_j}{M_{air}} \cdot Z_{air}}{Z}, \quad (\text{В.3})$$

где M_j – молярная масса j -го компонента газовой смеси;

M_{air} – молярная масса сухого воздуха стандартного состава, равная 28,9626 г/моль [8];

Z_{air} – коэффициент сжимаемости сухого воздуха стандартного состава, равный 0,99963 при температуре 293,15 К и давлении 101,325 кПа [5];

Z – коэффициент сжимаемости газовой смеси, рассчитываемый в соответствии с [5].

В.4 Число Воббе для мер ОТС вычисляют по формуле

$$W = \frac{H_{ref}}{\sqrt{d}}. \quad (\text{В.4})$$

В.5 Индекс CARI для мер ОТС вычисляют из стехиометрических коэффициентов реакции сгорания по формуле

$$CARI = \frac{AIR}{\sqrt{d}}, \quad (\text{В.5})$$

где AIR – объем сухого воздуха, требуемого для сжигания 1 м³ исследуемого газа.

Библиография

- [1] Приказ Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке
- [2] ГОСТ 8.558-2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры
- [3] ГОСТ 8.547-2009 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов
- [4] ГОСТ Р 8.840-2013 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений абсолютного давления в диапазоне $1-1 \cdot 10^6$ Па
- [5] ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (утверждены Постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 5 января 2001 г. № 3; приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 27 декабря 2000 г. № 163).
- [6] ПТТЭП Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (утверждены Приказом Министерства энергетики РФ от 13.01.2003 г. № 6)
- [7] ПБ 03-576-03 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (утверждены Госгортехнадзором РФ 11.06.2003 № 91).
- [8] ГОСТ 31369-2008 «Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава»