ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72272— 2025 (ИСО 21911-1:2022)

Ресурсосбережение

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ. ТОПЛИВО ТВЕРДОЕ ИЗ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Определение самонагрева

Часть 1

Изотермическая калориметрия

(ISO 21911-1:2022, Solid recovered fuels — Determination of self-heating — Part 1: Isothermal calorimetry, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным автономным учреждением «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 231 «Отходы и вторичные ресурсы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 октября 2025 г. № 1323-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 21911-1:2022 «Топливо твердое из бытовых отходов. Определение саморазогрева. Часть 1. Изотермическая калориметрия» (ISO 21911-1:2022 «Solid recovered fuels — Determination of self-heating. Part 1: Isothermal calorimetry», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом.

Внесение указанных технических отклонений направлено на учет потребностей национальной экономики Российской Федерации.

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного международного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5—2012 (пункт 3.5).

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2022
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Сущность метода 2
5 Аппаратура 2
6 Отбор и подготовка пробы 3
7 Процедура измерений 4
8 Результаты испытаний 5
9 Отчет об испытаниях 6
Приложение А (справочное) Калибровка калориметра 7
Приложение В (справочное) Пример изотермических калориметрических измерений твердого восстановленного топлива 8
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 10
Библиография 11

Введение

В мире наблюдается непрерывный рост торговли и использования твердого восстановленного топлива (SRF). Это привело к увеличению вероятности пожаров, что имеет последствия для обращения, транспортировки и хранения SRF.

SRF могут самопроизвольно генерировать тепло экзотермическими биологическими, химическими и физическими процессами. Накопление тепла может быть значительным в больших объемах хранения, если теплопроводность материала низкая. В некоторых условиях выделение тепла может привести к пиролизу и самовозгоранию. Потенциал самонагревания значительно различается для разных типов и качеств SRF, и важно иметь возможность идентифицировать фракции SRF с высоким потенциалом выделения тепла, чтобы избежать пожаров в хранящихся материалах.

Растущее количество инцидентов является явным показателем того, что безопасность должна быть приоритетной, в первую очередь для безопасности людей и экологических проблем, но также и потому, что перебои в подаче энергии будут иметь значительные последствия. Пожары SRF по всей цепочке поставок также, в дополнение к проблемам безопасности и экологии и прямым экономическим потерям, окажут негативное влияние на доверие к SRF как к надежному источнику энергии. Они также могут привести к трудностям в получении страхового покрытия.

Производителям SRF, поставщикам логистических услуг, пользователям SRF, поставщикам и производителям оборудования, консультантам, органам власти и страховщикам сложно определить разумные меры безопасности и соответствующий уровень защиты из-за отсутствия стандартов и рекомендаций.

В рамках определения и оценки рисков для SRF устанавливаются или должны быть разработаны определенные методы испытаний и стандарты. Однако старение и деградация из-за обращения и хранения SRF в реальных условиях влияют на их характеристики, поэтому следует установить запасы безопасности относительно фактических результатов анализа.

Метод испытаний, описанный в этом документе, изотермическая калориметрия, представляет собой метод, при котором тепловой поток, генерируемый из испытуемой части, измеряется напрямую. Рабочая температура для изотермического калориметра обычно находится в диапазоне от 5 °C до 90 °C (некоторые калориметры могут достигать даже более высоких температур) и, следовательно, может измерять низкотемпературные реакции, такие как реакции бактерий и других микробов. Однако изотермическая калориметрия используется для мониторинга тепловой активности или теплового потока химических, физических и биологических процессов. Этот метод чаще всего используется в области фармацевтики, энергетических материалов и цемента. Изотермическая калориметрия также применялась для измерения теплового потока от самонагревания твердых биотопливных гранул.

Для исследования тепловыделения при высоких температурах, возможно, более подходящими являются другие типы методов испытаний, такие как испытания на нагревание корзины.

Данные о самопроизвольном тепловыделении, определенные с использованием этого документа, связаны только с определенным качеством, составом и возрастом материала образца.

Информация, полученная с использованием этого документа, предназначена для использования при контроле качества и при оценке опасностей и рисков.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ресурсосбережение

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ. ТОПЛИВО ТВЕРДОЕ ИЗ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Определение самонагрева

Часть 1

Изотермическая калориметрия

Resources saving. Waste treatment. Solid recovered fuels. Determination of self-heating. Part 1. Isothermal calorimetry

Дата введения — 2026—02—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает аналитический метод количественной оценки спонтанного выделения тепла из твердого восстановленного топлива с использованием изотермической калориметрии.

В настоящем стандарте приводятся рекомендации по применению и использованию указанного аналитического метода. В стандарте установлены процедуры отбора проб и обработки образцов твердого восстановленного топлива перед анализом спонтанного выделения тепла.

Настоящий стандарт не распространяется на источники самонагрева в исследуемом образце.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 72271 (ИСО 21646:2022) Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Топливо твердое из коммунальных отходов. Методы подготовки лабораторной пробы

ГОСТ Р 72273 (ИСО 21645:2021) Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Топливо твердое из коммунальных отходов. Методы отбора проб

Примечание — При пользовании настоящим стандартом 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, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **температура анализа** (analysis temperature): Температура среды анализа, то есть температура калориметра.

3.2 **самонагрев** (self-heating): Повышение температуры исследуемого материала в результате экзотермической реакции.

Примечание — См. [1].

3.3 **исследуемый образец** (test portion): Частичная выборка либо лабораторной пробы, либо исследуемой пробы образца, необходимая для конкретного измерения.

3.4 **исследуемая проба образца** (test sample): Лабораторная проба после соответствующей подготовки, выполненной в лаборатории.

3.5 **лабораторная проба** (laboratory sample): Часть образца, отправленная в лабораторию или полученная ею.

3.6 **тепловая мощность** (thermal power): Количество тепла, образующегося в результате сжигания топлива в единицу времени.

Примечания

1 Тепловая мощность выражается в Вт или Дж/с.

2 Обычно также выражается как удельная тепловая мощность по отношению к единице массы твердого восстановленного топлива в Вт/г или Дж/(с · г).

4 Сущность метода

Изотермическая калориметрия является одним из чувствительных методов определения тепловыделения или потребления тепла образцами различных видов. Она неразрушающая и неинвазивная для образца. Тепловыделение из-за любых физических, химических или биологических изменений в образце может быть измерено. Когда тепло вырабатывается или потребляется в любом процессе, на датчике создается температурный градиент. Это создает напряжение, пропорциональное тепловому потоку через датчик и скорости процесса, происходящего в пробирке с образцом. Сигнал регистрируется непрерывно и в реальном времени.

Примечание — Прибор для изотермической калориметрии обычно имеет несколько каналов и, таким образом, может использоваться для измерений нескольких образцов одновременно.

Для каждого образца (канала) имеется инертный эталон, который находится на параллельном датчике теплового потока. В течение времени, когда отслеживается тепловой поток, любые колебания температуры, поступающие в прибор, будут влиять как на образец, так и на эталонные датчики в равной степени. Такая архитектура позволяет очень точно определять тепло, которое вырабатывается или потребляется только образцом, в то время как другие тепловые возмущения, не связанные с образцом, эффективно устраняются. Измеренный тепловой поток нормализуется по отношению к массе образца, и результат выражается в мВт/г.

Примечание — Рабочая температура для изотермического калориметра обычно находится в диапазоне от 5 °С до 90 °С.

5 Аппаратура

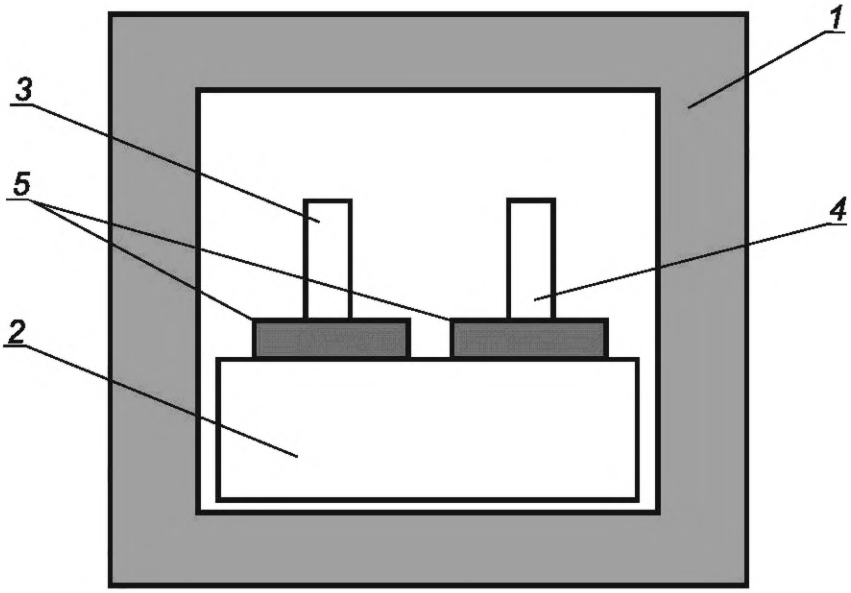
5.1 Изотермический калориметр, состоящий из держателя пробирки с образцом и пробирки с эталоном, каждый из которых термически соединен с датчиками теплового потока, которые термически соединены с постоянным температурным стоком (см. рисунок 1).

Калориметр должен быть откалиброван по температуре анализа (см. А.1—А.3). Температуры анализа для процедуры скринингового теста составляют 50 °С и 70 °С.

Оборудование для сбора данных должно выполнять непрерывную регистрацию выходного сигнала калориметра, измеренного с интервалом времени равным или менее 10 с.

Базовая линия должна демонстрировать низкий уровень случайного шума и быть устойчивой к варьированию (см. А.4).

Минимальная чувствительность для измерения выходной мощности должна составлять 100 мкВт.



1 — термостат; *2* — устройство для отвода тепла; *3* — образец; *4* — эталон; *5* — датчики теплового потока

Рисунок 1 — Принципиальная схема устройства изотермического калориметра

5.2 Пробирка для образца, изготовленная из стекла с минимальным объемом 20 мл, должна быть снабжена герметичной пробкой с инертным уплотнением. Пробирки объемом более 20 мл могут использоваться, если используется загрузка большего объема (см. 7.2.2). В таких случаях отклонение от стандартной процедуры указывается в отчете об испытании.

5.3 Весы с разрешением не менее 10 мг.

6 Отбор и подготовка пробы

6.1 Общие положения

Обработка образца необходима для поддержания физических, химических и биологических свойств проб твердого восстановленного топлива. Транспортирование и хранение (см. 6.3) имеют особое значение для исследования свойств самонагревания, поскольку реакционная способность образца может быть снижена при длительном воздействии воздуха или кислорода и/или повышенных температур.

Свойства образца и условия обработки образца должны быть указаны как можно более подробно в отчете об испытаниях.

6.2 Отбор образца

Отбор образца SRF производят в соответствии с процедурами по *ГОСТ Р 72273*.

Минимальный объем лабораторного образца должен составлять 500 мл.

6.3 Транспортирование и хранение образца

Лабораторный образец должен транспортироваться в закрытом герметичном контейнере. Контейнер должен быть полностью заполнен образцом.

Примечания

1 Требование к герметичному контейнеру заключается в ограничении химических или биологических реакций, которые могут иметь место в присутствии кислорода.

2 Полностью заполненный контейнер ограничивает количество воздуха в контейнере (количество кислорода) и дополнительно снижает ухудшение качества образца от физического износа (уменьшает количество мелкой фракции).

Время между отбором проб и анализом должно быть сведено к минимуму, следует избегать повышенных температур.

6.4 Подготовка образца

Подготовку образца SRF производят в соответствии с процедурами по ГОСТ Р 72271.

SRF может представлять собой смесь многих различных материалов, а поток может быть неоднородным, что затрудняет получение репрезентативной пробы образца для использования в испытаниях. Одним из способов решения этой проблемы является измельчение и гомогенизация материала.

Выбранный процесс измельчения не должен приводить к повышению температуры выше температуры окружающей среды, чтобы не ускорять реакции самонагрева.

7 Процедура измерений

7.1 Стабилизация температуры

Устанавливают на приборе выбранную температуру анализа. Стандартные температуры анализа для скрининга составляют 50 °С и 70 °С.

Следуют инструкции производителя, чтобы убедиться в стабильности температуры.

Примечание — Значения критерия стабилизации различаются для разных калориметров и обычно определяются программным обеспечением.

7.2 Подготовка пробирки с образцом

7.2.1 Процедура подготовки

Достаточное количество образца рекомендуют отобрать за 3—4 ч до испытания, если он хранится в морозильной камере, чтобы достичь теплового равновесия с комнатной температурой перед испытанием.

Помещают исследуемый образец в стеклянную пробирку с минимальным объемом 20 мл.

Отбирают образец с помощью пинцета или резиновых перчаток, чтобы избежать загрязнения образца.

Переносят в пробирку часть анализируемого образца, соответствующую примерно 50 % объема пробирки. Отмечают массу анализируемого образца, добавленного в стеклянную пробирку.

Примечание — Поскольку плотность различных типов SRF может значительно различаться, невозможно указать точную массу образца для добавления в пробирку. В [2], который определяет порядок изотермической калориметрии для гранулированного биотоплива, указывается, что 4 ± 0,1 г гранул переносятся в стеклянную пробирку объемом 20 мл. Это соответствует приблизительно 50 % объема пробирки.

Пробка стандартной стеклянной пробирки должна быть затянута после загрузки образца.

Подготовленная пробирка с образцом не должна предварительно нагреваться.

Если во время измерения в закрытой пробирке возникает дефицит кислорода, который влияет на результаты испытания, следуют процедуре, описанной в 7.2.2. Метод обнаружения значительного дефицита кислорода приведен в 8.1.

7.2.2 Процедура определения подходящей части анализируемого образца в случае влияния дефицита кислорода

Чтобы определить подходящую часть анализируемого образца для избежания влияния дефицита кислорода, сначала необходимо провести испытания с объемами образца, соответствующими приблизительно 50 % и 25 % объема пробирки с образцом. Если разница в нормализованном общем тепловыделении между двумя объемами образца (нормализованными по массе образца), незначительна (менее 10 относительных % разницы), больше испытаний не требуется; 50 % объема образца считается надлежащим для использования. Если, однако, разница значительна, следует провести дополнительные испытания с меньшими частями образца (меньшей массы или объема), чтобы найти объем образца, при котором влияние дефицита кислорода несущественно.

7.3 Подготовка эталонной пробы

Подготавливают две пробирки для эталонной пробы для каждой пробирки с образцом (для каждого канала).

Часть эталонного материала должна иметь ту же общую теплоемкость, что и тестовая часть. В качестве эталонного материала рекомендуют использовать воду. Допускается использовать и другие не реакционно-активные материалы, например сухой кварцевый песок.

Примечание — Теплоемкость смеси твердых коммунальных отходов (массовая доля влажности ≈ 10 %) составляет 1,4 Дж/(г · К). Если удельная теплоемкость SRF или образца отходов недоступна, можно принять значение 1,4 Дж/(г · К) и использовать формулу (1) для расчетов:

$$M_r \cdot C_{pr} = M_w \cdot C_{pw}, \quad (1)$$

где M_r — масса эталонного образца;
C_{pr} — удельная теплоемкость эталонного образца;
M_w — масса образца отходов;
C_{pw} — удельная теплоемкость образца отходов.

Если калориметр оснащен фиксированным эталоном, то необходимо оптимизировать либо эталон, либо массу образца. Если масса образца превышает указанный выше диапазон, оптимизируют фиксированный эталон в калориметре.

7.4 Измерение

7.4.1 Первое базовое измерение:

a) помещают пробирку с эталонным образцом в исходное положение. Эта пробирка должна оставаться неподвижной в течение всего испытания;

b) помещают вторую пробирку с эталонным образцом в положение для базового измерения;

c) когда прибор достигнет стабильных условий, запускают базовое измерение на 30 мин.

Примечание — Это относится ко всем каналам, которые используют для измерения.

Данные базового измерения должны быть включены в отчет по результатам испытания.

7.4.2 Измерение образца

После завершения первого базового измерения заменяют эталонную пробирку в положении измерения на пробирку с анализируемым образцом.

Измеряют тепловой поток из пробирки с образцом и сохраняют в файле данных измерения. Измерение должно выполняться в течение не менее 24 ч.

Если скорость тепловыделения не снизилась до относительно незначительной за 24 ч, измерение следует продолжить до этого времени.

Примечание — Процедура запуска испытания и сохранения данных в файле данных измерений может различаться в зависимости от марки изотермических калориметров проводимости.

7.4.3 Второе базовое измерение:

a) извлекают пробирку с анализируемым образцом из положения измерения;

b) помещают вторую пробирку с эталонным образцом в положение измерения;

c) когда прибор достигнет стабильных условий, запускают базовое измерение на 30 мин.

Примечание — Базовая линия, измеренная после испытания, должна гарантировать, что прибор имеет ту же стабильность, что и до начала испытания. Для некоторых приборов существует программное обеспечение, которое по умолчанию измеряет базовую линию до и после испытания.

7.4.4 Файл данных измерений

Результирующий файл данных должен включать данные измерения образца, а также данные обоих базовых измерений. Файл должен быть сохранен с уникальным именем, идентифицирующим анализируемый образец.

8 Результаты испытаний

8.1 Данные испытаний

Зарегистрированные данные представляют собой тепловую мощность (тепловой поток), выраженную в мВт. Данные испытаний должны быть представлены в виде графика удельной тепловой мощности, выраженной в мВт/г в зависимости от времени.

Необходимо исследовать график данных тепловой мощности на предмет признаков недостатка кислорода в пробирке во время испытания. Если такие признаки присутствуют, требуется провести дополнительные испытания в соответствии с 7.2.2.

Примечание — Типичным признаком значительного недостатка кислорода во время испытания является резкий разрыв кривой теплового потока (т. е. резкое снижение теплового потока).

Пример результатов изотермических калориметрических измерений твердого восстановленного топлива приведен в приложении В.

8.2 Отчетные данные

Необходимо указать максимальный пик удельной тепловой мощности, выраженный в мВт/г, и удельного общего произведенного тепла, выраженного в Дж/г, во время испытания (24 ч).

Удельное общее тепло рассчитывают путем интегрирования кривой удельной тепловой мощности с момента времени 45 мин до момента времени 24 ч.

9 Отчет об испытаниях

Отчет об испытаниях должен содержать:

- сведения о лаборатории и дате проведения испытания;
- сведения об используемом приборе изотермической калориметрии;
- сведения об испытуемом продукте или образце;
- ссылку на настоящий стандарт (указание температуры анализа изотермического калориметра и использования результатов испытаний: отборочные испытания или испытания для расчета кинетических параметров);
- любое отклонение от метода испытаний;
- любые отклонения от стандартной методики;
- любые необычные явления, отмеченные во время процедуры измерений, которые могли повлиять на их результат.

Приложение А
(справочное)

Калибровка калориметра

А.1 Общие положения

Прибор должен быть откалиброван в соответствии с рекомендациями производителя, если возникают вопросы по производительности, например, если диапазон изменений показателя превышает рекомендуемое значение (см. А.4).

А.2 Калибровка или валидация температуры

Прибор должен быть откалиброван по выбранной температуре анализа.

Примечания

1 Процедура измерения по стандарту может применяться для различных температур анализа, например, для расширенных измерений при нескольких температурах для получения кинетической модели тепловыделения.

2 Калибровка температуры выполняется с использованием калиброванного термопарного устройства.

Установленная температура должна быть подтверждена независимым измерением температуры в среде термостата. Температура не должна отклоняться более чем на 0,2 К от установленной температуры.

А.3 Калибровка тепловой мощности

Измерение тепловой мощности прибора должно быть откалибровано по температуре анализа.

Калориметр должен находиться в равновесии без значительного изменения сигнала до начала процесса калибровки.

Примечания

1 Процедура измерения по стандарту может применяться для различных температур анализа, например, для расширенных измерений при нескольких температурах для получения кинетической модели тепловыделения.

2 Цель калибровки — сравнить сигнал калориметра с тепловой мощностью или изменением энтальпии четко определенного процесса, т. е. процесса калибровки, после чего сигнал калориметра корректируется для обеспечения точности в определенных и допустимых пределах. Результат измерения при калибровке сравнивается с теоретическим значением, которое было присвоено процессу калибровки, и рассчитывается константа калибровки.

Калориметры теплового потока могут быть чувствительны к систематическим ошибкам из-за того, что часть генерируемого тепла выходит из датчиков теплового потока, величина которых зависит от конструкции прибора. Поэтому важно, чтобы процесс калибровки был разработан таким образом, чтобы он максимально точно имитировал реальное измерение образца. Калибровка может быть выполнена электрически путем генерации известного количества теплоты Джоуля в хорошо расположенном резисторе или химически путем реакции хорошо установленной тепловой мощности или изменения энтальпии.

Многие коммерческие калориметры теплового потока оснащены встроенным электрическим нагревателем (калибровочным нагревателем), который используется для калибровки прибора. Размещение калибровочного нагревателя по отношению к расположению образца и датчика теплового потока может иметь решающее значение для точности калориметрии. Производитель прибора обычно указывает точность калориметра при калибровке в соответствии с инструкциями производителя.

Из-за незначительной чувствительности датчиков теплового потока в узком диапазоне температур калориметр должен быть откалиброван при той же заданной температуре, при которой должно проводиться испытание образца.

Достигнутая точность подтверждается калибровкой с использованием хорошо охарактеризованного независимого процесса испытаний.

А.4 Требования к уровню шума и отклонениям

Требования к шуму и отклонениям должны быть проверены на новом приборе и всякий раз, когда возникают вопросы о производительности.

Скорость изменения базовой линии, измеренная в течение периода времени в три дня, должна быть ≤20 мкДж/с на грамм образца в час испытания, а базовый уровень случайного шума ≤10 мкДж/с на грамм образца.

Примечание — На практике базовая линия измеряется в течение трех дней, и прямая линия подгоняется к данным мощности, выраженной в Дж/(г · с), против времени, выраженного в ч, с использованием процедуры линейной регрессии. Тогда долговременная девиация представляет собой наклон линии, выраженной в Дж/(г · с · ч), а базовый уровень шума представляет собой стандартное отклонение, выраженное в Дж/(г · с), вокруг этой линии регрессии.

Приложение В
(справочное)

Пример изотермических калориметрических измерений твердого восстановленного топлива

Тонкоизмельченные твердые восстановленные топлива, полученные из сортировочных остатков легких упаковочных материалов, были исследованы с помощью изотермической калориметрии. Свойства материалов испытуемого образца приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 — Свойства материалов испытуемого SRF (сортировочные остатки легкой упаковки)

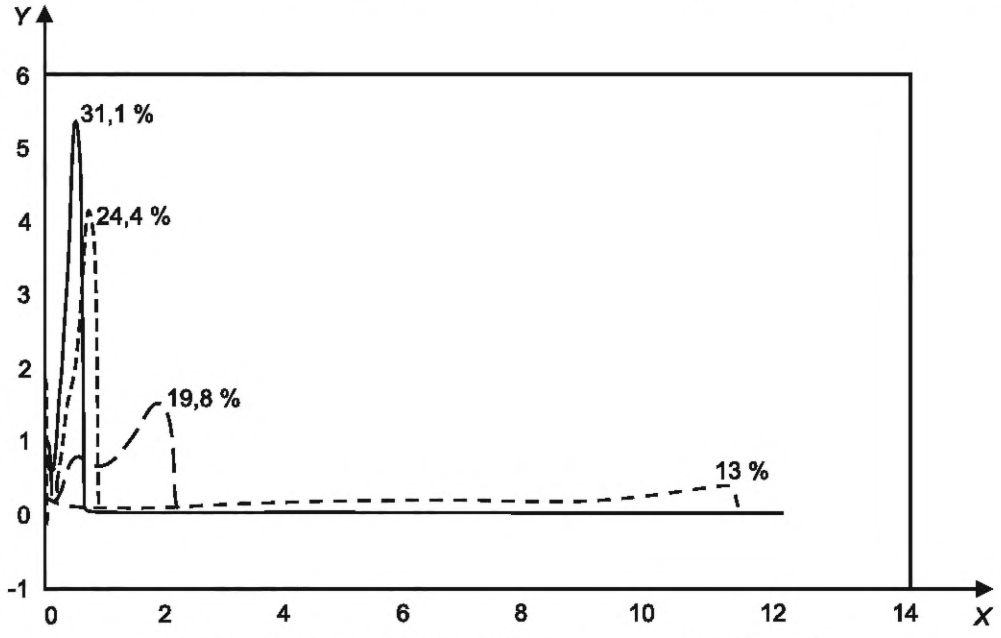
Параметр	Единица	Среднее значение (2020 г.)
Низшая теплотворная способность (исходное вещество)	МДж/кг	23,8
Вода (исходное вещество)	%	11,7
Зола (исходное вещество)	%	9,3
Летучие (исходное вещество)	%	78,3
Углерод (сухое вещество)	%	55,8
Водород (сухое вещество)	%	9,3
Азот (сухое вещество)	%	1,0

Измеренные тепловые потоки существенно зависят от свойств образца и особенно от содержания влаги. Временной ход измеренных тепловых потоков может указывать на возможный риск самовозгорания.

Если большие тепловые потоки возникают после сравнительно короткого периода хранения, это может быть признаком значительных реакций, происходящих при низких температурах хранения (например, микробной активности). Эти реакции могут привести к разогреву материала за короткое время, что может вызвать последующий процесс самовозгорания. Для оценки общего риска самовозгорания результаты изотермической калориметрии следует объединить с результатами испытаний на нагревание группы образцов.

Примечание — Стандарт включает метод испытаний для определения самонагревания твердого восстановленного топлива с использованием сравнения результатов нагревания группы образцов.

На рисунке В.1 показаны примерные результаты испытаний испытуемого SRF с содержанием влаги 13 % (условия поставки); 19,8 %; 24,4 % и 31,1 % (искусственно увлажненный) при температуре калориметра 50 °С.



X — время в днях; *Y* — нормализованный тепловой поток, мВт/г

Рисунок В.1 — Изотермические калориметрические измерения при 50 °С (содержание воды в SRF от 13,0 % до 31,1 %)

Примечание — В то время как содержание воды 13 % является типичным значением для этого SRF, значения 24,4 % и 31,1 % нетипичны. Испытания с более высоким содержанием воды служили для изучения влияния влаги на поведение реакции.

Из графика видно, что для исследуемого материала скорости тепловыделения увеличиваются с содержанием воды.

При высоких скоростях тепловыделения существует наибольший риск значительного повышения температуры в объемах, поскольку выделяемое тепло не может рассеиваться в окружающую среду столь же эффективно.

Однако опыта, позволяющего оценить риск самовозгорания на основе данных изотермической калориметрии для SRF, пока недостаточно.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р 72273—2025 (ИСО 21645:2021)	MOD	ISO 21645:2021 «Твердое восстановленное топливо. Методы отбора проб»

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандарта:

- MOD — модифицированный стандарт.

Библиография

[1] ИСО 13943:2023 Пожарная безопасность. Словарь (Fire safety — Vocabulary)

[2] ИСО 20049-1:2020 Биотопливо твердое. Определение самонагрева пеллет. Часть 1. Изотермическая калориметрия (Solid biofuels — Determination of self-heating of pelletized biofuels — Part 1 — Isothermal calorimetry)

УДК 662.65:543.062:006.354 ОКС 75.160.10

Ключевые слова: топливо твердое из коммунальных отходов, изотермическая калориметрия, методы определения

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 06.11.2025. Подписано в печать 18.11.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,48.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru