ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72469— 2025 (МЭК 62282-6-101: 2024)

ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Часть 6-101

Энергоустановки на основе топливных микроэлементов. Безопасность. Общие требования

(IEC 62282-6-101:2024, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2026

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр «ТОПАЗ» (ООО «НИЦ «ТОПАЗ») и Автономной некоммерческой организацией «Центр энергетических систем будущего «Энерджинет» (АНО «Центр «Энерджинет») на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 4 стандарта, который выполнен АНО «Центр «Энерджинет»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 029 «Водородные технологии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 декабря 2025 г. № 1750-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 62282-6-101:2024 «Технологии топливных элементов. Часть 6-101. Системы питания на основе топливных микроэлементов. Безопасность. Общие требования» (IEC 62282-6-101:2024 «Fuel cell technologies — Part 6-101: Micro fuel cell power systems — Safety — General requirements», MOD) путем изменения отдельных фраз (слов, значений показателей, ссылок), которые выделены в тексте курсивом, а также путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

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

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой указанного международного стандарта приведено в дополнительном приложении ДБ

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 (www.rst.gov.ru)

© IEC, 2024
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2026

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 3
3 Термины, определения *и сокращения* 5
3.1 Термины и определения 5
3.2 Сокращения 7
4 Принципы безопасности 8
4.1 Общие принципы 8
4.2 Принципы химической безопасности 9
4.3 Принципы выбора материалов 9
4.4 Принципы механической безопасности 9
4.5 Принципы пожарной безопасности 11
4.6 Принципы электрической безопасности 11
4.7 Принципы снижения рисков 12
4.8 Принципы функциональной безопасности 12
5 Общие требования безопасности 12
5.1 Общие требования 12
5.2 Требования химической безопасности 13
5.3 Требования к материалам 14
5.4 Требования к механической части энергоустановки на основе топливных микроэлементов и топливных картриджей 15
5.5 Требования пожарной безопасности 17
5.6 Требования к электрической безопасности 18
5.7 Анализ опасностей и оценка риска 19
5.8 Требования функциональной безопасности 19
5.9 Требования к мелким деталям 20
6 Испытания и требования в условиях нештатного режима функционирования 20
6.1 Общие требования 20
6.2 Нештатные режимы функционирования электромеханических компонентов 20
6.3 Нештатные режимы функционирования энергоустановок на основе топливных микроэлементов со встроенными первичными батареями или аккумуляторами 21
6.4 Моделирование неисправностей на основе анализа опасностей в нештатном режиме функционирования 21
7 Маркировка и сопроводительная документация 21
7.1 Общие требования 21
7.2 Минимально необходимая маркировка топливного картриджа 21
7.3 Минимально необходимая маркировка энергоустановки на основе топливных микроэлементов 22
7.4 Дополнительная информация, наносимая на топливный картридж или на энергоустановку на основе топливных микроэлементов 22
7.5 Сопроводительная документация 22
8 Методы испытаний энергоустановок на основе топливных микроэлементов и топливных картриджей 23
8.1 Общие положения 23
8.2 Методы испытаний 25
8.3 Базовые методики обнаружения и измерения утечек и выбросов 36

Приложение А (справочное) Предпосылки и обоснование типовых испытаний 45
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 48
Приложение ДБ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного международного стандарта 50
Библиография 52

Введение

Настоящий стандарт содержит следующие технические отклонения от МЭК 62282-6-101:2024:

- ссылочные международные стандарты заменены на соответствующие национальные и межгосударственные стандарты, ИСО 7010:2019 заменен на ГОСТ 12.4.026;

- международные стандарты, указанные в разделе «Библиография» примененного международного стандарта, заменены на национальные и межгосударственные и приведены в разделе 2 «Нормативные ссылки»;

- МЭК 62368-1:2023, ИСО 8124-1:2022, ИСО 16111:2018 заменены на ГОСТ IEC 62368-1—2014, ГОСТ Р ИСО 8124-1, ГОСТ Р ИСО 16111—2024 соответственно и приведены в разделе 2 «Нормативные ссылки»;

- в раздел «Библиография» добавлены МЭК 62282-6-106:2024, МЭК 62282-6-107:2024, Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», «Правила противопожарного режима в Российской Федерации», утвержденные Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479, и перенесены из раздела 2 «Нормативные ссылки» МЭК 60730-1:2022, МЭК 62282-6-300:2012, а также Рекомендации по перевозке опасных грузов Организации Объединенных Наций: Типовые правила, Руководство по испытаниям и критериям (приведены актуальные издания);

- из раздела «Библиография» исключены ИСО 15649, Справочник Сакса по опасным свойствам промышленных веществ, Материалы обзора программы Министерства энергетики США за 2001 г.;

- внесены изменения в структуру стандарта для приведения в соответствие с правилами, установленными в ГОСТ 1.5–2001 (подразделы 4.2 и 4.3), облегчения восприятия документа и исключения дублирующихся положений, скорректированы ссылки на разделы и пункты внутри стандарта (сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного международного стандарта см. в приложении ДБ);

- в связи с отсутствием национальных и межгосударственных стандартов, гармонизированных со стандартами, указанными в 1.2 примененного международного стандарта, исключена таблица, соответствующая таблице 1 примененного международного стандарта;

- изменен рисунок 1 с учетом ГОСТ Р 56188.1, ГОСТ Р 56188.5.100 и иных национальных стандартов в области технологий топливных элементов, внесены соответствующие пояснения в текст стандарта;

- исключен термин «модуль топливных микроэлементов», так как он не применяется по тексту стандарта;

- в раздел «Термины и определения» добавлена ссылка на ГОСТ 9.106, устанавливающий определение термина «коррозионная среда»;

- добавлены термины «сопроводительная документация», «выброс», «аккумулятор, вторичная батарея, перезаряжаемая батарея»;

- в связи с наличием терминов «топливный элемент», «энергоустановка на основе топливных элементов», «номинальная мощность» в ГОСТ Р 56188.1 они исключены из настоящего стандарта, взамен приведена ссылка на указанный стандарт;

- в связи с наличием термина «нерабочее состояние» в ГОСТ Р 27.102 данный термин исключен из настоящего стандарта, взамен приведена ссылка на указанный стандарт;

- отредактированы определения терминов «топливный картридж», «встроенный картридж» с учетом статей 485-09-21 и 485-09-22 ГОСТ Р 56188.1—2023;

- отредактированы определения терминов «горючий газ», «легковоспламеняющаяся жидкость» с учетом пунктов 3.6, 3.8, 3.12 ГОСТ 12.1.044—2018, введен термин «горючие (сгораемые) вещества и материалы» из указанного стандарта;

- отредактированы определения терминов «емкость для воды», «система автоматического управления», «система подачи воздуха», «система подачи топлива», «утечка», «энергоустановка на основе топливных микроэлементов», «источник питания на основе топливных микроэлементов»;

- исключен термин «потери газа», вместо него в зависимости от контекста применяется «выброс» или «утечка»;

- исключен термин «картридж, бывший в употреблении», взамен приведено соответствующее пояснение в 8.1 с);

- определение термина «опасное вещество» приведено в соответствие с ГОСТ Р 57328—2016, определение термина «токсичное вещество» приведено в соответствие с ГОСТ Р 57478, определение

термина «первичная батарея» приведено в соответствие с ГОСТ IEC 60730-1;

- сведения из сносок к таблице 1 настоящего стандарта перенесены в ее основную часть;
- в 4.2 добавлено упоминание максимально разовых и среднесменных ПДК;
- скорректировано расположение столбцов и строк в таблице 2 настоящего стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ Р 1.5;
- в 5.1 ужесточены требования к использованию водорода в топливных картриджах и энергоустановках на основе топливных микроэлементов, переименован пункт 5.1.2;
- в 5.3.1 требования к совместимости используемых материалов с водородом приведены в качестве обязательных для всех энергоустановок на основе топливных микроэлементов и топливных картриджей;
- сведения из сносок к таблице 3 настоящего стандарта перенесены в основной текст стандарта в 5.2;
- в 5.4.2.1 добавлены ссылки на ГОСТ 34233.1, ГОСТ 34233.2, ГОСТ 34233.4, ГОСТ 34233.6, ГОСТ 34233.11, ГОСТ 34347;
- реструктурированы 5.4.4 и перечисление в 5.5.2 настоящего стандарта, в 5.5.1 добавлена ссылка на ГОСТ Р 51337, в 5.5.2 — ссылка на ГОСТ 31613;
- исключены положения примененного международного стандарта о каталитических дожигателях;
- в 8.2.1.1 добавлена формула (1);
- ограничена необходимость проведения испытания падением по 8.2.5;
- в 8.2.5 и 8.2.6 добавлена ссылка на ГОСТ 23431—79, в 8.3.3, 8.3.4 и 8.3.9 добавлены ссылки на ГОСТ Р 58975;
- в 8.2.6 и 8.3.4.2 снижена точность определения длин в миллиметрах до целесообразных значений;
- в 8.2.11.4 снижено минимальное количество подсоединений и отсоединений топливного картриджа или испытательного образца от энергоустановки на основе топливных микроэлементов;
- из таблицы А.1 исключен столбец «Образцы» в связи с наличием аналогичных сведений в таблице 5, в таблицу добавлены пояснения, выделенные курсивом, исключена сноска;
- включены или изменены отдельные фразы, слова, выделенные курсивом, и пояснены или дополнены требования стандарта.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Часть 6-101

Энергоустановки на основе топливных микроэлементов. Безопасность. Общие требования

Fuel cell technologies. Part 6-101. Micro fuel cell power systems.
Safety. General requirements

Дата введения — 2026—03—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на энергоустановки на основе топливных микроэлементов, носимые или легко перемещаемые вручную, обеспечивающие выходное напряжение постоянного тока не более 60 В и выходную мощность не более 240 Вт, в том числе на топливные картриджи к таким энергоустановкам. Требования к переносным энергоустановкам на основе топливных элементов, обеспечивающим выходные напряжение и мощность выше указанных пределов, установлены в *ГОСТ Р 56188.5.100*.

Блок-схема энергоустановки на основе топливных микроэлементов представлена на рисунке 1. *Наличие отдельных компонентов энергоустановки на основе топливных микроэлементов, выделенных на рисунке 1 пунктирной линией, не является обязательным и зависит от выбранной производителем конфигурации энергоустановки и ее технических характеристик.*

Издание официальное

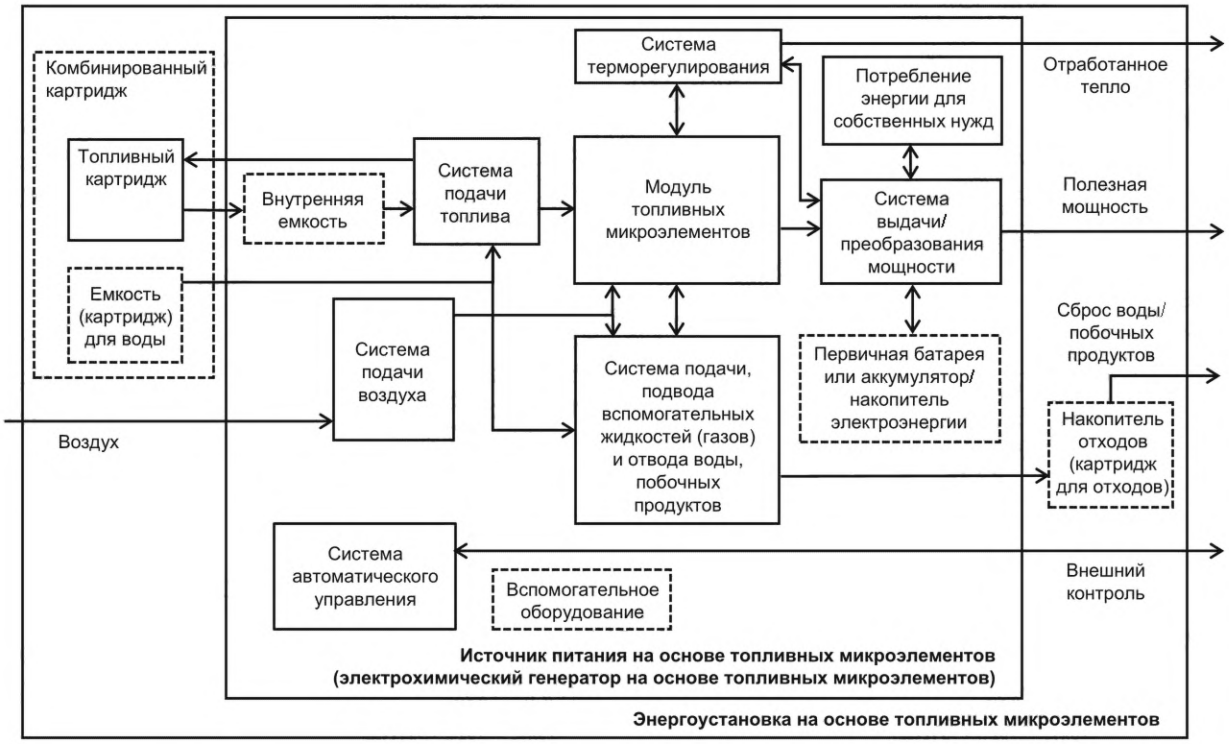


Рисунок 1 — Блок-схема энергоустановки на основе топливных микроэлементов

Требования настоящего стандарта направлены на обеспечение приемлемого уровня безопасности при нормальном использовании, обоснованно прогнозируемом неправильном использовании, перевозке и транспортировании пользователем, а также хранении энергоустановок на основе топливных микроэлементов и топливных картриджей. Требования настоящего стандарта распространяются на топливные картриджи, заправляемые производителем или обученным техническим персоналом и не предназначенные для заправки пользователем.

Разделы с 4 по 8 охватывают общие требования безопасности, предъявляемые ко всем энергоустановкам на основе топливных микроэлементов. *Настоящий стандарт открывает серию стандартов, устанавливающих требования безопасности к отдельным видам энергоустановок на основе топливных микроэлементов в зависимости от применяемого топлива и типа используемых топливных микроэлементов. До введения в действие иных национальных стандартов в рамках настоящей серии допускается применять для целей настоящего стандарта соответствующие международные стандарты (см. [1], [2]).*

Подразумевается, что все энергоустановки на основе топливных микроэлементов и топливные картриджи соответствуют действующим национальным или региональным требованиям, в том числе требованиям, касающимся транспортирования, хранения и защиты от *неправильного использования или использования не по назначению, в том числе детьми*.

Энергоустановки на основе топливных микроэлементов и топливные картриджи, на которые распространяется действие настоящего стандарта, не предназначены для использования во взрывоопасных зонах, соответствующих определению *ГОСТ Р МЭК 60050-426—2011 (статья 426-03-01).*

Требования настоящего стандарта не исключают возможности применения не рассмотренных в нем альтернативных видов топлив, материалов, проектов или конструкций при условии обеспечения эквивалентного уровня безопасности. При рассмотрении альтернативных вариантов настоящий стандарт может быть использован для оценки их способности обеспечить уровень безопасности, эквивалентный указанному в настоящем стандарте.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 9.106 Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозия металлов. Термины и определения

ГОСТ 12.1.044 Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения

ГОСТ 12.4.026 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ 12020 (ISO 175:2010) Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред

ГОСТ 23431—79 Древесина. Строение и физико-механические свойства. Термины и определения

ГОСТ 31613 Электростатическая искробезопасность. Общие технические требования и методы испытаний

ГОСТ 34233.1 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования

ГОСТ 34233.2 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек

ГОСТ 34233.4 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений

ГОСТ 34233.6 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках

ГОСТ 34233.11 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Метод расчета на прочность обечаек и днищ с учетом смещения кромок сварных соединений, угловатости и некруглости обечаек

ГОСТ 34347 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия

ГОСТ IEC 60335-1—2024 Бытовые и аналогичные электрические приборы. Безопасность. Часть 1. Общие требования

ГОСТ IEC 61508-3 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 3. Требования к программному обеспечению

ГОСТ IEC 62368-1—2014 Аудио-, видеоаппаратура, оборудование информационных технологий и техники связи. Часть 1. Требования безопасности

ГОСТ ISO 188 Резина и термоэластопласты. Испытания на ускоренное старение и теплостойкость

ГОСТ ISO 1817 Резина и термоэластопласты. Определение стойкости к воздействию жидкостей

ГОСТ ISO 11114-1 Баллоны газовые. Совместимость материалов, из которых изготовлены баллоны и клапаны, с содержимым газом. Часть 1. Металлические материалы

ГОСТ ISO 11114-4 Баллоны газовые переносные. Совместимость материалов, из которых изготовлены баллоны и клапаны, с содержимым газом. Часть 4. Методы испытания для выбора металлических материалов, устойчивых к водородному охрупчиванию

ГОСТ ISO 12100 Безопасность машин. Основные принципы конструирования. Оценки риска и снижения риска

ГОСТ ISO 13849-1 Безопасность оборудования. Элементы систем управления, связанные с безопасностью. Часть 1. Общие принципы конструирования

ГОСТ ISO 16000-3 Воздух замкнутых помещений. Часть 3. Определение содержания формальдегида и других карбонильных соединений в воздухе замкнутых помещений и в воздухе испытательной камеры. Метод активного отбора проб

ГОСТ ISO 16000-6 Воздух замкнутых помещений. Часть 6. Определение летучих органических соединений в воздухе замкнутых помещений и испытательной камеры путем активного отбора проб на сорбент Tenax TA с последующей термической десорбцией и газохроматографическим анализом с использованием МСД/ПИД

ГОСТ Р 27.102 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения

ГОСТ Р 27.302 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей

ГОСТ Р 27.303 (МЭК 60812:2018) Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов

ГОСТ Р 51337 Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей

ГОСТ Р 56188.1 (МЭК 60050-485:2020) Технологии топливных элементов. Часть 1. Терминология

ГОСТ Р 56188.5.100 (МЭК 62282-5-100:2018) Технологии топливных элементов. Часть 5-100. Портативные энергоустановки на основе топливных элементов. Безопасность

ГОСТ Р 58975 Оценка соответствия. Рекомендации по выбору методик исследований (испытаний) и измерений при проведении оценки соответствия

ГОСТ Р ИСО 8124-1 Безопасность игрушек. Часть 1. Механические и физические свойства

ГОСТ Р ИСО 16017-1 Воздух атмосферный, рабочей зоны и замкнутых помещений. Отбор проб летучих органических соединений при помощи сорбционной трубки с последующей термодесорбцией и газохроматографическим анализом на капиллярных колонках. Часть 1. Отбор проб методом прокачки

ГОСТ Р ИСО 16111—2024 Передвижные устройства и системы для хранения водорода на основе гидридов металлов

ГОСТ Р МЭК 31010 Надежность в технике. Методы оценки риска

ГОСТ Р МЭК 60050-426—2011 Международный электротехнический словарь. Часть 426. Оборудование для взрывоопасных сред

ГОСТ Р МЭК 60086-4 Батареи первичные. Часть 4. Безопасность литиевых батарей

ГОСТ Р МЭК 60086-5 Батареи первичные. Часть 5. Элементы и батареи с водным электролитом. Маркировка, требования безопасности и методы испытаний

ГОСТ Р МЭК 61032 Защита людей и оборудования, обеспечиваемая оболочками. Щупы испытательные

ГОСТ Р МЭК 61508-1 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 1. Общие требования

ГОСТ Р МЭК 61508-2 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 2. Требования к системам

ГОСТ Р МЭК 61508-4 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 4. Термины и определения

ГОСТ Р МЭК 61508-5 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 5. Рекомендации по применению методов определения уровней полноты безопасности

ГОСТ Р МЭК 61508-6 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 6. Руководство по применению ГОСТ Р МЭК 61508-2 и ГОСТ Р МЭК 61508-3

ГОСТ Р МЭК 61508-7 Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 7. Методы и средства

ГОСТ Р МЭК 62061 Безопасность оборудования. Функциональная безопасность систем управления электрических, электронных и программируемых электронных, связанных с безопасностью

ГОСТ Р МЭК 62133-1 Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Требования безопасности герметичных аккумуляторов и батарей из них при портативном применении. Часть 1. Системы на основе никеля

ГОСТ Р МЭК 62133-2 Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Требования безопасности герметичных аккумуляторов и батарей из них при портативном применении. Часть 2. Системы на основе лития

ГОСТ Р МЭК 62281 Первичные и вторичные литиевые элементы и батареи. Безопасность при транспортировании. Требования и методы испытаний

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.

3 Термины, определения *и сокращения*

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены *термины по ГОСТ 9.106, ГОСТ Р 56188.1, ГОСТ Р 27.102,* а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 ***сопроводительная документация*** *(accompanying documentation): Документация, сопровождающая продукцию и содержащая ее технические характеристики, требования безопасности при применении, сведения о качестве и иную информацию.*

3.1.2 **система подачи воздуха** (air management system): *Система, которая дозирует, обрабатывает, а также при необходимости обеспечивает повышение давления воздуха для использования в энергоустановке на основе топливных микроэлементов.*

3.1.3 **емкость для воды** (aqueous reservoir): Емкость, содержащая водный раствор, используемый при обработке топлива.

Примечания

1 Любые опасности, связанные с водными растворами, должны быть рассмотрены при проведении анализа опасностей и оценки риска или в стандарте на энергоустановки на основе топливных микроэлементов для соответствующего типа топлива.

2 Емкость для воды является опциональным компонентом энергоустановки на основе топливных микроэлементов.

3.1.4 **система автоматического управления** (control system): Совокупность *взаимосвязанных и взаимодействующих устройств*, *осуществляющая* с помощью любой комбинации электрических, механических, *пневматических, гидравлических и иных* компонентов, программного обеспечения или функций *автоматического управления* энергоустановкой на основе топливных микроэлементов *с целью поддержания* ее параметров в установленных пределах *с учетом используемых реактивов и обеспечения* надлежащего включения, работы и выключения энергоустановки на основе топливных микроэлементов.

3.1.5 **коррозионная жидкость** (corrosive liquid): Водный раствор с показателем pH менее 3,5 или более 10,5 или любая жидкость, которая может повлечь повреждение открытых участков кожи человека на всю ее толщину при воздействии длительностью не более 60 минут и наблюдении через 14 дней или которая иным образом отвечает критериям веществ класса 8 по классификации ООН *(см. [3])*.

3.1.6 **легковоспламеняющаяся жидкость** (flammable liquid): *Жидкость, определяемая как горючее вещество согласно ГОСТ 12.1.044, с температурой вспышки не более 61 °С в закрытом тигле или 66 °С в открытом тигле для зафлегматизированных смесей, не имеющих вспышку в закрытом тигле.*

3.1.7 **горючий газ** (flammable gas): *Горючее вещество согласно ГОСТ 12.1.044, давление насыщенных паров которого при температуре 25 °С превышает 101,3 кПа.*

3.1.8

горючие (сгораемые) вещества и материалы *(flammable substances and materials): Вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться при воздействии источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.*

Примечание — Горючие жидкости с температурой вспышки не более 61 °С в закрытом тигле или 66 °С в открытом тигле зафлегматизированных смесей, не имеющих вспышку в закрытом тигле, относят к легковоспламеняющимся. Особо опасными называют легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С.

[ГОСТ 12.1.044—2018, пункт 3.8]

3.1.9 **топливо** (fuel): Энергоноситель, подаваемый непосредственно из топливного картриджа или опосредованно после обработки и преобразования и используемый во время электрохимической реакции внутри топливного микроэлемента.

3.1.10 **топливный картридж** (fuel cartridge): *Съемное, не перезаправляемое пользователем устройство или внешний резервуар, служащие для хранения и подачи топлива в энергоустановку на основе топливных микроэлементов*.

3.1.11 **пристыковываемый картридж** (attached cartridge): Топливный картридж, имеющий собственное внутреннее пространство, которое соединяется с устройством, получающим энергию от энергоустановки на основе топливных микроэлементов.

3.1.12 **внешний картридж** (exterior cartridge): Топливный картридж, имеющий собственное внутреннее пространство, которое образует часть внутреннего пространства устройства, получающего энергию от энергоустановки на основе топливных микроэлементов.

3.1.13 **встроенный картридж** (insert cartridge): Топливный картридж, имеющий собственное внутреннее пространство и устанавливаемый во внутреннем пространстве *энергоустановки на основе топливных микроэлементов*.

3.1.14 **вспомогательный картридж** (satellite cartridge): Топливный картридж, предназначенный для временного подключения к источнику питания на основе топливных микроэлементов с последующим соединением от него для заправки топливом его внутренней емкости.

3.1.15 **система подачи топлива** (fuel management system): Совокупность компонентов энергоустановки на основе топливных микроэлементов, используемых с целью *дозирования топлива, преобразования* его параметров (например, концентрации, расхода, чистоты, температуры, влажности, давления или *химического состава*), если это необходимо для обеспечения работы энергоустановки на основе топливных микроэлементов и/или хранения образующихся реагентов, *а также с целью контроля указанных параметров*.

3.1.16

опасное вещество *(hazardous substance): Вещество, которое обладает в соответствии с определенными классификационными критериями потенциалом для неблагоприятного воздействия на здоровье человека и/или на окружающую среду.*

Примечание — Критерии для определения того, классифицируется ли вещество как опасное, определены законодательством или техническими регламентами.

[ГОСТ Р 57328—2016/IEC Guide 109:2012, пункт 3.6]

3.1.17 **внутренняя емкость** (internal reservoir): Содержащая топливо несъемная конструкция в энергоустановке на основе топливных микроэлементов, рассматриваемая без топливопроводов или фитингов и не предназначенная для длительного хранения топлива.

3.1.18 **утечка** (leakage): *Несанкционированный* выпуск твердых, жидких или *газообразных веществ* (например, топлива, опасных побочных продуктов реакции, электролита) из *компонентов* энергоустановки на основе топливных микроэлементов или топливного картриджа.

3.1.19 ***выброс*** *(emission): Контролируемый выпуск веществ из энергоустановки на основе топливных микроэлементов во внешнюю среду.*

Примечание — Выпуск веществ в картридж для отходов, если он предусмотрен для использования в энергоустановке на основе топливных микроэлементов, выбросом не является.

3.1.20 **источник ограниченной мощности** (limited power source): Источник питания, либо изолированный от сети, либо питаемый от аккумулятора или другого устройства (например, от источника питания на основе топливных микроэлементов), с внутренним или иным ограничением напряжения, тока и мощности до определенных в *ГОСТ IEC 62368-1* уровней, позволяющих избежать поражения электрическим током или опасности возгорания.

Примечание — Источник с внутренним ограничением мощности не требует использования устройства защиты от перегрузок по току для удовлетворения требований к ограниченной мощности, однако для ограничения выходной мощности может задействоваться импеданс. Источник без внутреннего ограничения мощности, напротив, требует использования устройства защиты от перегрузок по току, например предохранителя для удовлетворения требований к ограниченной мощности.

3.1.21 **максимальное допустимое давление** (maximum developed pressure): Максимальное избыточное давление внутри топливного картриджа в процессе использования, транспортирования и хранения.

Пример — Давление при максимальной температуре (не менее 70 °С согласно 8.2.4), которому может подвергаться картридж в процессе использования, транспортирования и хранения.

3.1.22 ***энергетическая установка [энергоустановка] на основе топливных микроэлементов;*** *энергоустановка на основе микро-ТЭ (micro fuel cell power system): Носимый или легко перемещаемый вручную источник питания на основе топливных микроэлементов вместе с соответствующими топливными картриджами.*

3.1.23 **источник питания *[электрохимический генератор]* на основе топливных микроэлементов;** *ЭХГ на основе микро-ТЭ* (micro fuel cell power unit): Электрохимический генератор на основе топливных микроэлементов, выходное напряжение постоянного тока которого не превышает 60 В, а длительно поддерживаемая полезная мощность — 240 Вт.

3.1.24

***батарея*, первичная батарея** (primary battery*, cell): Любой вид электрохимической батареи, в которой электрохимическая реакция необратима.*

Примечание 1 — Примером является щелочная батарея.

[ГОСТ IEC 60730-1—2016, пункт 2.10.8]

3.1.25 **заправочный клапан** (refilling valve): Компонент топливного картриджа, предусматривающий использование специализированного заправочного оборудования и не допускающий проведение заправки пользователем.

3.1.26 **запорный клапа**н (shut-off valve): Компонент топливного картриджа, контролирующий подачу топлива.

3.1.27

аккумулятор, вторичная батарея, перезаряжаемая батарея *(secondary battery, rechargeable cell): Любой вид электрохимической батареи, в которой электрохимическая реакция обратима.*

Примечания

1 Перезаряжаемая батарея — группа из двух и более элементов.

2 Примерами перезаряжаемых батарей являются никель-металлогидридные (NiMH), литий-ионные (Li-ion) и пр.

[ГОСТ IEC 60730-1—2016, пункт 2.10.9]

3.1.28

токсичное вещество *(toxic substance): Вещество (смесь веществ или раствор), которое при вдыхании, попадании в желудок и/или контакте с кожей способно вызвать отравление, смерть, травму или нанести вред здоровью человека.*

[ГОСТ Р 57478—2017, пункт 3.24]

3.1.29 **картридж для отходов** (waste cartridge): Картридж, накапливающий отходы и побочные продукты энергоустановки на основе топливных микроэлементов.

3.1.30 **вещество, вступающее в реакцию с водой** (water reactive material): Вещество, отвечающее критериям для отнесения к подклассу 4.3 «Вещества, выделяющие горючие газы при соприкосновении с водой» по классификации ООН (например, вещества, которые в реакции с водой выделяют опасное количество горючих газов) (см. *[3]*).

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ВОЗ — Всемирная организация здравоохранения;

ИТЭ1 — источник тепловой энергии класса 1;

ИТЭ2 — источник тепловой энергии класса 2;

ИЭП1 — источник электропитания класса 1;

ИЭП2 — источник электропитания класса 2;

ИЭП3 — источник электропитания класса 3;

ИЭЭ1 — источник электрической энергии класса 1;

ИЭЭ2 — источник электрической энергии класса 2;

микро-ТЭ — топливный микроэлемент;

НКПР — нижний концентрационный предел распространения пламени;

ООН — Организация Объединенных Наций;

ПДК — предельно допустимая концентрация;

ЭХГ — электрохимический генератор;

ICSC — международные карты химической безопасности Международной организации труда (International Chemical Safety Cards);

STEL — предел кратковременного воздействия (short-term exposure limit);

TWA — усредненная по времени предельная концентрация воздействующего вещества (time-weighted average).

4 Принципы безопасности

4.1 Общие принципы

Требования безопасности в настоящем стандарте устанавливаются исходя из принципов, изложенных в настоящем разделе.

Энергоустановка на основе микро-ТЭ должна быть спроектирована и сконструирована таким образом, чтобы при присоединении топливного картриджа или ее заправке топливом в соответствии с инструкциями производителя исключить возможные риски утечки опасных веществ, возгорания или взрыва, создаваемые непосредственно энергоустановкой на основе микро-ТЭ или газами (в том числе парами), жидкостями или другими веществами, выделяемыми или используемыми ею.

Для предотвращения опасности возгорания или взрыва в энергоустановке на основе микро-ТЭ производитель должен исключить наличие потенциальных источников возгорания *и появления искры* в местах присутствия (или возможной утечки) топлива.

Требования безопасности в настоящем стандарте устанавливаются с учетом вероятных сценариев использования энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей, указанных в таблице 1.

Таблица *1 — Вероятные сценарии использования энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей*

Сценарий	*Характеристики сценария при моделировании*
Транспортирование (самолетом) или хранение пользователем	*Размещение устройств в замкнутом пространстве без вентиляции, например, на верхней багажной полке самолета. Расчетный объем рассматриваемого пространства составляет 0,28 м^3.* *Требования безопасности устанавливаются с целью исключения ситуации, когда при нахождении в указанном замкнутом пространстве в течение 24 часов трех устройств в нерабочем состоянии концентрация газов превысила бы 25 % НКПР*
Обычное применение пользователем	*Разумно прогнозируемые условия использования энергоустановки на основе микро-ТЭ, в том числе в самолете, автомобиле, жилом или офисном помещении.* *Требования безопасности устанавливаются исходя из предполагаемого воздухообмена 10 м^3/ч, рассчитанного следующим образом. Объем салона небольшого автомобиля и минимальный объем пространства, приходящийся на одного человека на борту коммерческого самолета, равен 1 м^3, а минимальная кратность воздухообмена в час в пассажирских самолетах и салонах автомобилей составляет 10 ч$^{-1}$. Для жилых помещений и офисов кратность воздухообмена в час может достигать 0,5 ч$^{-1}$, однако объем пространства, приходящийся на одного человека, превышает в них 20 м^3, поэтому результирующее значение, равное 10 м^3/ч, сохраняется*
Использование в непосредственной близости к пользователю	*Предполагаемое использование энергоустановки на основе микро-ТЭ вблизи рта, носа или глаз (10 см или менее).* *Требования безопасности устанавливаются исходя из потенциальной возможности отравления и/или повреждения слизистых оболочек при использовании энергоустановки на основе микро-ТЭ*

4.2 Принципы химической безопасности

Для изоляции горючих, токсичных, химически активных или коррозионных веществ должны использоваться такие замкнутые компоненты, как топливопроводы, емкости, картриджи или их аналоги.

Требования к химической безопасности устанавливаются в целях снижения влияния утечек и выбросов опасных веществ на окружающую среду в соответствии со следующими принципами:

- пользователи энергоустановки на основе микро-ТЭ не должны подвергаться воздействию горючих, токсичных, вступающих в реакцию с водой или коррозионных жидкостей и твердых веществ;
- концентрации горючих газов (в том числе паров) не должны превышать 25 % НКПР при соответствующем расчетном объеме и воздухообмене, при этом такие газы и пары не должны быть способны поддерживать открытое горение;
- потеря массы *в связи с утечками* не допускается (см. *8.3.7*);
- для токсичных или опасных газов (в том числе паров) не должны превышаться предельные допустимые концентрации для кратковременных и долговременных воздействий, в том числе усредненные по времени значения.

Примечание — К пределам кратковременного воздействия относятся, например, *максимально разовые ПДК, а также* STEL, установленные Американской ассоциацией государственных промышленных гигиенистов ACGIH, а к пределам долговременного воздействия — *среднесменные ПДК и* TWA, установленные Управлением по охране труда Министерства труда США OSHA (TWA PEL).

Принципы установления предельных значений характеристик утечек и выбросов с целью обеспечения химической безопасности приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Принципы определения требований к утечкам и выбросам

Класс веществ	*Агрегатное состояние*	
	Газ (в том числе пар)	Жидкое или твердое вещество
Горючие	Не должно быть превышено 25 % НКПР для долговременного воздействия, при расчетном объеме и воздухообмене, газы (в том числе пары) не должны быть способны поддерживать горение при кратковременном воздействии	Вещество должно быть недоступно пользователю
Токсичные	Не должны быть превышены усредненные по времени предельные допустимые концентрации для кратковременных и долговременных воздействий	Вещество должно быть недоступно пользователю
Коррозионные	*См. документацию, устанавливающую ограничения по применению, хранению и транспортированию коррозионных веществ*	Вещество должно быть недоступно пользователю
Вступающие в реакцию с водой	—	Вещество должно быть недоступно пользователю, отсутствует неконтролируемый доступ к воде

4.3 Принципы выбора материалов

Предполагается, что в течение срока службы, установленного производителем, энергоустановки на основе микро-ТЭ будут подвергаться разнообразным воздействиям окружающей среды, таким как вибрации, удары, переменная влажность, *колебания температуры* и коррозионные среды. Материалы, из которых изготовлена энергоустановка на основе микро-ТЭ, *и покрытия* должны быть устойчивы к указанным воздействиям окружающей среды.

4.4 Принципы механической безопасности

4.4.1 Общие положения

4.4.1.1 Целостность конструкции

Энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливные картриджи должны иметь надежную конструкцию, выдерживающую вибрации, сжатия и изменения условий окружающей среды, такие как колебания

температуры и атмосферного давления, при нормальном использовании, обоснованно прогнозируемом неправильном использовании и транспортировании таких изделий пользователем. *Топливные картриджи и носимые или устанавливаемые в мобильные и транспортные средства энергоустановки на основе микро-ТЭ также должны выдерживать падения с высоты (см. 8.2.5).*

Конструкция всех узлов энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей должна обеспечивать сохранение их работоспособности после следующих возможных неблагоприятных воздействий:

- повышенного давления внутри топливных картриджей, *в том числе вызванного их нагревом до разрешенной предельной температуры*;
- повышенного давления внутри топливосодержащих компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ, если такие компоненты предназначены для удерживания топлива под давлением, превышающим атмосферное;
- отрицательного избыточного давления, равного расчетному перепаду давлений, возникающему при разгерметизации салона пассажирского самолета;
- отрицательного избыточного давления, равного расчетному перепаду давлений, возникающему при наддуве грузового отсека самолета.

Конструкция энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей должна обеспечивать:

a) отсутствие утечек опасных веществ в процессе транспортирования *и хранения* (см. таблицу *1*);

b) безопасность и целостность конструкции при нормальных условиях эксплуатации.

Конструкция энергоустановки на основе микро-ТЭ или ЭХГ на основе микро-ТЭ должна минимизировать вероятность взрыва даже в случае утечки топлива внутри или за пределы энергоустановки на основе микро-ТЭ или ЭХГ на основе микро-ТЭ.

4.4.1.2 Соединительные устройства

Соединительные устройства, в том числе соединение между съемным топливным картриджем и энергоустановкой на основе микро-ТЭ, а также электрическое соединение между энергоустановкой на основе микро-ТЭ и устройством, которое она снабжает энергией, должны быть спроектированы таким образом, чтобы исключить возможность неправильной пристыковки, которая могла бы повлечь утечки или поражение электрическим током.

4.4.1.3 Части с острыми кромками и углами

Энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливные картриджи не должны иметь частей с острыми кромками и углами, приводящих к травмированию пользователя при их использовании по назначению или обслуживании.

4.4.2 Энергоустановка на основе топливных микроэлементов

4.4.2.1 Трубопроводы и шланги (включая топливопроводы)

Трубопроводы и шланги должны подбираться с учетом условий их использования, в том числе давления проводимой среды, совместимости материалов *(металлов, резин, материалов, используемых для герметизации или соединения, и других материалов) друг с другом и с проводимой средой* и стойкости к таким факторам окружающей среды, как воздействие температур, коррозионных сред, вибрации *и удары*.

Топливопроводы должны быть пригодны для использования по назначению и удерживать топливо без утечек при нормальном использовании, обоснованно прогнозируемом неправильном использовании и транспортировании пользователем *во всех заявленных производителем диапазонах давлений проводимой среды и под воздействием внешних факторов окружающей среды в течение заданного срока службы энергоустановки на основе микро-ТЭ.*

При выборе материалов следует избегать применения хрупких *или склонных к охрупчиванию* материалов. Если по каким-либо причинам не удается отказаться от использования таких материалов, необходимо предпринять соответствующие меры по предотвращению хрупкого разрушения.

Химические и физические свойства материалов, необходимые для обеспечения эксплуатационной безопасности, должны соответствовать требованиям стойкости к веществам, с которыми они могут взаимодействовать, на протяжении всего планируемого срока службы оборудования. Старение не должно приводить к неприемлемому для безопасной эксплуатации ухудшению характеристик материалов.

При проектировании энергоустановки на основе микро-ТЭ должны быть учтены следующие параметры:

а) расчетное давление и потребности в поддержании или сбросе давления;

b) рабочая и минимальная расчетные температуры с учетом внутренней или внешней изоляции (при наличии), солнечного излучения и нагрева или охлаждения;

c) влияние окружающей среды, в том числе охлаждение и расширение жидкостей и газов, атмосферное обледенение и низкая температура окружающей среды;

d) динамические воздействия, в том числе удары, вибрации и нагрузки, возникающие при нагнетании, сливе или сбросе жидкостей и газов;

e) весовые нагрузки, в том числе динамические и статические нагрузки;

f) тепловое расширение и сжатие, в том числе тепловые нагрузки при ограниченности пространства, температурных градиентах и различиях коэффициентов теплового расширения;

g) влияние смещения опор, креплений и разъемов;

h) влияние пониженной пластичности;

i) циклические *нагрузки и иные многократные переменные воздействия, в том числе температурные*;

j) эффекты конденсации.

4.4.2.2 Подвижные части

Подвижные части энергоустановки на основе микро-ТЭ не должны быть потенциально травмоопасными для людей.

4.4.3 Топливный картридж

Конструкция топливных картриджей должна обеспечивать отсутствие утечек при нормальном использовании, обоснованно прогнозируемом неправильном использовании и транспортировании пользователем *с учетом соответствующих требований* (см. *[3]*).

При наличии устройства сброса давления или аналогичных устройств оно должно быть спроектировано таким образом, чтобы обеспечивать отсутствие утечек из топливного картриджа при нормальном использовании, обоснованно прогнозируемом неправильном использовании и транспортировании пользователем. Конструкция устройства сброса давления также должна обеспечивать контролируемый сброс давления в топливном картридже с целью предотвращения его разрыва.

Примечание — Под «разрывом» подразумевается разрушение корпуса картриджа, приводящее к внезапному высвобождению накопленной энергии.

4.5 Принципы пожарной безопасности

Конструкция энергоустановки на основе микро-ТЭ должна минимизировать риск возгорания (*и радиус распространения пламени),* обусловленного *внутренними и внешними причинами, в том числе*:

- электростатическим воздействием извне или нарушениями в работе внутренних электрических цепей;

- утечками горючих веществ;

- перегревом компонентов из-за внутренних неисправностей или воздействия внешних источников тепла.

Обеспечение пожарной безопасности энергоустановки на основе микро-ТЭ следует осуществлять в соответствии с требованиями [4], [5] и других нормативных документов по пожарной безопасности.

4.6 Принципы электрической безопасности

4.6.1 Общие положения

Энергоустановки на основе микро-ТЭ должны соответствовать применимым к ним требованиям по электрической безопасности *ГОСТ IEC 62368-1* и дополнительным требованиям настоящего стандарта.

4.6.2 Опасность поражения электрическим током

Конструкция энергоустановки на основе микро-ТЭ должна минимизировать риски причинения пользователю боли и травм от удара электрическим током.

4.6.3 Электрические компоненты

Электрические компоненты должны обладать номинальными электрическими характеристиками, достаточными для применения в энергоустановке на основе микро-ТЭ.

4.7 Принципы снижения рисков

Производитель должен провести анализ опасностей и оценку риска *(или воспользоваться иными методами, эквивалентная эффективность которых была подтверждена по результатам их верификации и валидации)*, чтобы идентифицировать опасности и определить качественные и количественные показатели рисков, и принять надлежащие меры по снижению рисков до приемлемого уровня.

4.8 Принципы функциональной безопасности

При возникновении ситуации, препятствующей дальнейшему безопасному функционированию, конструкция энергоустановки на основе микро-ТЭ должна обеспечивать ее автоматическое безопасное отключение. При необходимости энергоустановка на основе микро-ТЭ должна снабжаться защитными функциями. Такие защитные функции должны оставаться работоспособными как при включенном, так и при выключенном состояниях энергоустановки на основе микро-ТЭ. Для реализации этих функций могут применяться как активные, так и пассивные средства снижения рисков.

5 Общие требования безопасности

5.1 Общие требования

5.1.1 *Топливный* картридж

5.1.1.1 *Ограничение вместимости*

Максимальный объем внутреннего пространства топливного картриджа не должен превышать 1 л.

5.1.1.2 Предельное количество топлива

Давление топлива в топливных картриджах при нормальных условиях хранения, транспортирования и эксплуатации не должно превышать 2 МПа. Максимальное количество топлива внутри топливного картриджа не должно превышать следующие значения:

для твердых веществ .....1000 г;
для жидкостей .....1000 мл;
для водорода .....*значение определяется с учетом предельно допустимого давления;*
для сжиженного горючего газа.....1000 мл.

Примечание — Количественные пределы, как правило, выбираются таким образом, чтобы соответствовать количественным ограничениям *по перевозке опасных грузов, установленным в соответствующей нормативной документации (см. [3])*. Для некоторых типов и классов опасностей топлива или способов транспортирования могут применяться более строгие ограничения. Применимые ограничения, связанные с перевозкой топливных картриджей на борту пассажирских самолетов, указаны *в соответствующей нормативной документации (см. [6])*.

5.1.1.3 Требования к заполнению топливного картриджа

Конструкция топливного картриджа и объем его заполнения топливом должны обеспечивать возможность расширения топлива при его нагреве до температуры 70 °С без утечки из картриджа. Необходимость наличия свободного пространства для возможного расширения топлива при его нагреве может привести к снижению полезного объема картриджа по сравнению со значением, указанным в 5.1.1.1. Максимальное давление подачи топлива из топливного картриджа не должно превышать значение, указанное производителем.

5.1.2 *Энергоустановка на основе топливных микроэлементов*

Давление топлива в энергоустановке на основе микро-ТЭ при нормальных условиях хранения, транспортирования и эксплуатации не должно превышать 2 МПа. Максимальное количество топлива внутри энергоустановки на основе микро-ТЭ не должно превышать следующие значения:

для твердых веществ .....200 г;
для жидкостей .....200 мл;
для водорода .....*значение определяется с учетом предельно допустимого давления, но не превышает 25 г;*
для сжиженного горючего газа.....200 мл.

Примечание — Количественные ограничения, как правило, выбираются таким образом, чтобы как для энергоустановки на основе микро-ТЭ, так и для топливных картриджей обеспечивалось соответствие требованиям к заполнению, установленным в *соответствующей нормативной документации (см. [6], часть 8)*.

В случаях, когда энергоустановка на основе микро-ТЭ непосредственно заполнена топливом и когда в ней используется топливный картридж, конструкция энергоустановки на основе микро-ТЭ и количество заправляемого топлива должны обеспечивать возможность его расширения без утечки вплоть до температуры, равной 55 °С.

5.2 Требования химической безопасности

В таблице *3* указаны предельные концентрации и скорости утечек и выбросов химических соединений, на которые можно опираться при разработке стандартов на энергоустановки на основе микро-ТЭ для отдельных типов топлив по мере необходимости. *Допускается кратковременное превышение скорости утечки/выброса при условии, что соблюдаются пределы кратковременного воздействия для соответствующих химических соединений и общая скорость утечки/выброса не превышает значения, установленные в таблице 3.*

Пределы для утечек и выбросов отсутствующих в таблице *3* летучих *химических соединений*, которые могут выделяться во время работы энергоустановки на основе микро-ТЭ, должны быть определены в других стандартах настоящей серии, или в рамках анализа опасностей и оценки риска, или при их одновременном применении. *Предельные концентрации утечек и выбросов должны устанавливаться с учетом международных и национальных требований. Расчет предельной скорости утечки/выброса должен выполняться способом, аналогичным примененному в таблице 3, чтобы общая скорость утечки/выброса гарантированно не превышала усредненные по времени предельно допустимые концентрации для соответствующего компонента.* Предельные скорости утечек и выбросов для рабочих и нерабочих устройств должны быть установлены с учетом принципов, изложенных в 4.1 и 4.2.

Таблица 3 — Предельные значения характеристик утечек и выбросов для концентрационных измерений

Химическое соединение	Предельная концентрация утечки/выброса[1] (рабочие устройства), г/м^3	Предельная скорость утечки/выброса[2] (рабочие устройства), г/ч	Предельная скорость утечки[3] (нерабочие устройства), г/ч
Неопасные водные растворы	Без ограничений для pH от 3,5 и 10,5		
Метанол	0,26	2,6	0,08 (без выбросов паров топлива)
Муравьиная кислота	0,009	0,09	0,018 (без выбросов паров топлива)
Водород	0,8	0,8 всего, 0,016 из точечного источника утечки[4]	0,0032 всего
Бутан	1,9	0,9	0,045
Формальдегид[5]	0,0001	0,0006	0,0006
Монооксид углерода CO	0,029	0,290	0,290
Углекислый газ CO_2	9	60	60
Метилформиат	0,245	2,45	0,4

[1] Предельные концентрации утечек и выбросов токсичных газов определены по TWA, установленным в ICSC.

[2] Предельные скорости утечек и выбросов для рабочих устройств установлены *исходя из расчетного воздухообмена 10 м^3/ч (см. таблицу 1).*

[3] Предельные скорости утечек для нерабочих устройств установлены *исходя из одновременного размещения 3 устройств в пространстве с расчетным объемом 0,28 м^3 (см. таблицу 1).*

[4] *Значение 0,016 г/ч выбрано с учетом 4.1 и характеризует утечку водорода из точечного источника со скоростью ниже, чем максимальная скорость, не способная поддерживать горение водорода (3,5 см^3/мин ≈ 0,018 г/ч).*

[5] Согласно рекомендациям ВОЗ предельная концентрация составляет 0,0001 г/м^3. Фоновый уровень — 0,00003 г/м^3. Утечки и выбросы не должны поднимать фоновый уровень выше нормативного предела.

5.3 Требования к материалам

5.3.1 Общие требования

Топливный картридж должен быть устойчив к коррозии в условиях его эксплуатации, *хранения и транспортирования*.

Руководство по совместимости материалов с газами приведено в *ГОСТ ISO 11114-1 и другой нормативной документации (см. [7])*.

Материалы, используемые в конструкции энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливного картриджа, должны быть совместимы с водородом. При выборе металлических материалов, стойких к водородному охрупчиванию, должны использоваться общепринятые методы испытаний, например указанные в *ГОСТ ISO 11114-4*. Необходимо учитывать влияние температуры на водородное охрупчивание.

Рекомендации по выбору подходящих материалов представлены в *ГОСТ Р ИСО 16111—2024 (приложение* А*)*.

Применяемые для изготовления энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей материалы не должны оказывать вредного влияния на окружающую среду. По истечении срока службы энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливные картриджи подлежат утилизации/обезвреживанию уполномоченными организациями в соответствии с национальными и региональными нормативными требованиями.

5.3.2 Энергоустановки на основе топливных микроэлементов

5.3.2.1 Требования устойчивости к окружающей среде

Материалы, из которых изготовлена энергоустановка на основе микро-ТЭ, должны быть устойчивы к воздействиям окружающей среды, которым энергоустановка на основе микро-ТЭ может подвергаться в течение установленного срока службы, в том числе к воздействиям вибраций, ударов, переменной влажности и коррозионных сред. В случае если условия эксплуатации энергоустановки на основе микро-ТЭ будут отличаться от заявленных в настоящем стандарте испытательных условий, необходимо проведение дополнительных испытаний.

5.3.2.2 *Класс воспламеняемости материалов*

При выборе материалов необходимо руководствоваться *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (подразделы 6.3 и 6.4),* за следующими исключениями:

- материалы мембран и катализаторов топливных микроэлементов не требуют соответствия определенному классу воспламеняемости;
- прочие материалы, применяемые в батарее топливных микроэлементов, составляющие менее 30 % от ее общей массы, считаются ограниченными по количеству и допускаются к использованию без наличия класса воспламеняемости.

5.3.3 Компоненты, подверженные воздействию влаги, топлива или побочных продуктов

Металлические и неметаллические материалы, используемые для изготовления компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ (в частности, тех, которые прямо или косвенно подвергаются воздействию влаги, топлива или побочных продуктов в газообразной или жидкой форме), а также все части и материалы, используемые для их герметизации или соединения (например, сварочные материалы), должны быть пригодны для применения во всех физических, химических и температурных условиях, возникающих при эксплуатации и транспортировании энергоустановки на основе микро-ТЭ в течение установленного производителем срока службы, и для всех условий испытаний, указанных в разделе 8. В частности, конструкция указанных компонентов должна сохранять свою механическую прочность при нормальном режиме эксплуатации, *для чего*:

a) материалы должны быть в достаточной степени устойчивы к химическому и физическому воздействию хранимых и проводимых жидкостей и газов, а также к негативному влиянию окружающей среды;

b) химические и физические свойства материалов, необходимые для обеспечения безопасной эксплуатации, не должны существенно изменяться на протяжении установленного производителем срока службы изделия. В частности, при выборе материалов и способов изготовления необходимо учитывать стойкость материалов к коррозии и износу, их электропроводность, прочность, стойкость к старению, влиянию перепадов температуры, последствия взаимного соединения материалов (например, гальваническую коррозию) и стойкость к воздействию ультрафиолетового излучения;

c) в случае возможности возникновения условий эрозии, абразивного истирания, коррозии или других химических воздействий должны быть приняты адекватные меры, чтобы:

- минимизировать это влияние посредством использования специальных конструкторских решений (например, за счет увеличения толщины) или путем применения соответствующей защиты (например, футеровки, облицовочных материалов или поверхностных покрытий) с учетом нормальных условий эксплуатации;

- предусмотреть возможность замены наиболее поврежденных или изношенных компонентов;

- сформулировать с учетом требований раздела 7 рекомендации по проведению и периодичности проверок и технического обслуживания, необходимых для безопасной эксплуатации; при необходимости в рекомендациях должны быть указаны компоненты, подверженные износу, и критерии их замены.

5.3.4 Эластомерные материалы

Изготовленные из эластомерных материалов компоненты, например прокладки и трубки, контактирующие с топливом, должны быть устойчивы к разрушению, обусловленному воздействием на них газов и жидкостей, и должны сохранять требуемые свойства в диапазоне установленных производителем энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей температур. Соответствие требованиям должно определяться по *ГОСТ ISO 188* и *ГОСТ ISO 1817*.

5.3.5 Полимерные материалы

Полимерные материалы, контактирующие с топливом, должны быть устойчивы к разрушению, обусловленному воздействием на них топлива, и сохранять требуемые свойства в диапазоне установленных производителем энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей температур. Соответствие требованиям должно определяться по *ГОСТ 12020*.

5.4 Требования к механической части энергоустановки на основе топливных микроэлементов и топливных картриджей

5.4.1 Общие требования

5.4.1.1 Целостность конструкции

Энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливные картриджи должны выдерживать следующие воздействия:

- избыточное давление внутри топливных картриджей величиной не менее 100 кПа относительно рабочего давления при температуре 22 °С или двукратное рабочее давление топливного картриджа при 55 °С (в зависимости от того, какое давление больше) без утечек. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения испытания топливного картриджа на повышенное внутреннее давление по *8.2.1.2*;

- повышенное давление внутри топливосодержащих компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ, в два раза превышающее избыточное давление в них при 55 °С, если эти компоненты предназначены для поддержания давления топлива выше атмосферного. Испытание таких топливосодержащих компонентов должно проводиться при закрытых продувочных клапанах или отключенных устройствах сброса давления. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения испытания энергоустановки на основе микро-ТЭ на повышенное внутреннее давление по *8.2.1.3*;

- отрицательное избыточное давление численным значением 89,7 кПа (имитирующее воздействие атмосферного давления на высоте 15 000 м, где абсолютное давление равно 11,6 кПа) на протяжении 1 часа. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения испытания энергоустановки на основе микро-ТЭ в условиях отрицательного избыточного давления по *8.2.1.4*;

- отрицательное избыточное давление численным значением 33,3 кПа (имитирующее воздействие абсолютного внешнего давления 68 кПа в грузовых отсеках самолетов) на протяжении 6 ч. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения испытания энергоустановки на основе микро-ТЭ в условиях отрицательного избыточного давления по *8.2.1.5*.

5.4.1.2 Части с острыми кромками и углами

Компоновка и конструкция *частей* энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей *с острыми кромками и углами* должны соответствовать категории ИМЭ1 или ИМЭ2 классификации источников механической энергии и удовлетворять применимым требованиям *ГОСТ IEC 62368-1—2014* (раздел 8).

5.4.2 Энергоустановка на основе топливных микроэлементов

5.4.2.1 Трубопроводы и шланги (включая топливопроводы)

Трубопроводы энергоустановки на основе микро-ТЭ, рассчитанные на внутреннее избыточное давление свыше 100 кПа, должны быть спроектированы и изготовлены согласно принципам, изложен-

ным в 4.4.2.1. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения типовых испытаний согласно разделу 8. *Если применимо, производитель может в том числе руководствоваться требованиями следующих стандартов: ГОСТ 34347, ГОСТ 34233.1, ГОСТ 34233.2, ГОСТ 34233.4, ГОСТ 34233.6, ГОСТ 34233.11.*

Трубопроводы энергоустановки на основе микро-ТЭ, рассчитанные на номинальное рабочее давление ниже 100 кПа и не классифицируемые как трубопроводы высокого давления, например водяные шланги низкого давления, пластмассовые трубки или другие соединения с резервуарами, находящимися под атмосферным или пониженным давлением, и с аналогичными емкостями, должны быть изготовлены из подходящих материалов, при этом их соединительные элементы должны обладать прочностью и герметичностью, достаточными для предотвращения случайных утечек.

Конструкция соединений должна обеспечивать их герметичность при использовании методов уплотнения, стойких к текущей по соединениям среде и к условиям окружающей среды во время эксплуатации.

Все компоненты, в частности трубопроводы, должны выдерживать давление и другие механические нагрузки без риска загрязнения проводимой среды или ее утечек. Соответствие требованиям определяется по *8.2.1* и *8.2.6*.

Все компоненты трубопроводов должны выдерживать замораживание и сохранять целостность. Соответствие требованиям определяется путем проведения типовых испытаний в соответствии с *8.2.3* и *8.2.5*.

Горючие, токсичные и коррозионные среды должны удерживаться в закрытой герметичной системе, например в топливопроводе, емкости, топливном картридже или их аналоге. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения типовых испытаний согласно разделу 8.

5.4.2.2 Подвижные части

Компоновка и конструкция подвижных частей должны соответствовать категории ИМЭ1 или ИМЭ2 классификации источников механической энергии и удовлетворять применимым требованиям *ГОСТ IEC 62368-1—2014* (раздел 8).

5.4.3 Топливный картридж

Топливные картриджи должны оставаться герметичными в диапазоне температур от минус 40 °С до плюс 70 °С. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения типовых испытаний на циклическое изменение температуры (термоциклирование) по *8.2.3* и на воздействие повышенных температур по *8.2.4*.

Соответствие топливных картриджей требованиям 5.4.1.1 в отношении стойкости к внутреннему избыточному давлению и отрицательному избыточному давлению должно определяться путем проведения типовых испытаний давлением по *8.2.1*.

Для обеспечения безопасности эксплуатации (в том числе при обоснованно прогнозируемом неправильном использовании) и транспортирования топливного картриджа в составе энергоустановки на основе микро-ТЭ должны быть предусмотрены средства предотвращения (опасной) утечки до, во время и после подсоединения или передачи топлива или иных жидкостей в энергоустановке на основе микро-ТЭ. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения испытания на циклическое подсоединение по *8.2.11*.

Топливный картридж должен быть защищен от неправильного подсоединения, способного привести к утечке в момент его нахождения в энергоустановке на основе микро-ТЭ. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения испытания на циклическое подсоединение по *8.2.11*.

Если в конструкции топливного картриджа предусмотрено устройство сброса давления или аналогичное устройство, оно должно обеспечивать отсутствие утечек *во всем диапазоне рабочих параметров*. Любое устройство сброса давления должно пройти испытание внутренним давлением по *8.2.1*. Устройство сброса давления должно быть настроено на срабатывание при превышении максимального допустимого давления во время нормальной работы (например, давления при максимальной температуре) и до достижения минимального разрушающего давления (избыточного давления 100 кПа или трехкратного максимального допустимого давления, в зависимости от того, какое из значений давления оказывается больше).

Топливный картридж вместе с адаптером для подсоединения к энергоустановке на основе микро-ТЭ и соединительным элементом, обеспечивающим подачу топлива, должен иметь конструкцию, способную выдерживать условия нормального использования и обоснованно прогнозируемого неправильного использования, сопровождаемого вибрацией, нагревом, давлением, падением или другим

механическим воздействием и т. д. Соответствие требованиям должно определяться путем проведения ряда испытаний, включающих:

- испытание давлением по *8.2.1*;
- вибрационное испытание по *8.2.2*;
- испытание на циклическое изменение температуры *(в том числе на воздействие пониженных температур)* по *8.2.3*;
- испытание на воздействие повышенных температур по *8.2.4*;
- испытание падением по *8.2.5*;
- испытание на сжатие по *8.2.6*;
- испытание на длительное хранение по *8.2.9*;
- испытание на подсоединение/отсоединение при повышенной температуре по *8.2.10*;
- испытание на циклическое подсоединение по *8.2.11*.

5.4.4 Топливные клапаны и соединения

Настоящий пункт распространяется на все запорные, *соединительные*, предохранительные и заправочные клапаны для всех типов топливных картриджей.

Конструкция клапанов, разъемов и соединений с топливным картриджем должна исключать опасную утечку *во время его хранения, подсоединения в энергоустановке на основе микро-ТЭ и отсоединения от нее и подачи в нее топлива при нормальном использовании, обоснованно прогнозируемом неправильном использовании и транспортировании пользователем*.

Клапаны топливных картриджей должны работать по назначению без необходимости использования инструментов и приложения чрезмерных усилий для подсоединения или отсоединения.

Необходимо предусмотреть средства защиты клапанов от непреднамеренного срабатывания или приведения в действие вручную пользователем без использования инструментов. Соответствие требованиям должно определяться с помощью испытательного щупа 11 по *ГОСТ Р МЭК 61032* путем приложения усилия 9,8 Н.

Соответствие клапанов требованиям должно определяться путем проведения испытания топливных картриджей падением по *8.2.5* и испытания на циклическое подсоединение по *8.2.11*.

5.5 Требования пожарной безопасности

5.5.1 Общие требования

Энергоустановки на основе микро-ТЭ должны быть оснащены защитными устройствами, снижающими риск возгорания от воздействия электрического тока, согласно требованиям, предъявляемым к цепям ИЭП1, ИЭП2 или ИЭП3, указанным в *ГОСТ IEC 62368-1*. Дальнейшие меры по снижению риска возникновения пожара из-за возгорания потенциально легковоспламеняющихся жидкостей или горючих газов должны также соответствовать требованиям настоящего стандарта.

Энергоустановки на основе микро-ТЭ должны отвечать требованиям к ИТЭ1 и ИТЭ2 по классификации *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (раздел 9)*. Высокотемпературные газы, выпускаемые из корпуса энергоустановки на основе микро-ТЭ, должны быть предварительно охлаждены до безопасной температуры, *определяемой таким образом, чтобы температура внешних поверхностей энергоустановки на основе микро-ТЭ, контактирующих с выпускаемыми газами, не превышала пределы, установленные в ГОСТ Р 51337 или в иных применимых документах*.

При установке в энергоустановке на основе микро-ТЭ средств обнаружения утечки газов, описанных в таблице *3*, в нее также должны быть установлены средства аварийного отключения, срабатывающие до превышения предельно допустимой концентрации газов.

Применяемые материалы должны подбираться согласно требованиям 5.3.2.2.

***5.5.2* Требования, связанные с потенциальными источниками возгорания**

Вероятность появления источников возгорания должна быть минимизирована путем выполнения следующих требований:

- температура поверхностей энергоустановки на основе микро-ТЭ не должна превышать 80 % выраженной в градусах Цельсия температуры самовоспламенения горючего газа (в том числе пара);
- в оборудовании, содержащем материалы или компоненты, способные ускорять реакцию легковоспламеняющихся жидкостей с воздухом, должны предусматриваться механизмы предотвращения распространения реакции из оборудования в окружающую атмосферу;
- для предупреждения статического разряда, способного вызвать возгорание, необходимо выбирать материалы *в соответствии с ГОСТ 31613* и обеспечивать надлежащее соединение или заземление;

- во время работы в нормальных условиях эксплуатации электрические компоненты, такие как предохранители, другие устройства защиты от перегрузки по току, датчики, электромагнитные клапаны и соленоиды, не должны создавать тепловые эффекты, дуги или искры, способные поджечь горючий газ;

- во время работы энергоустановки на основе микро-ТЭ в нормальных условиях эксплуатации температура материалов проводки, в том числе проводников на печатных платах, не должна превышать 80 % выраженной в градусах Цельсия температуры самовоспламенения горючего газа (в том числе пара);

- в случае, когда энергоустановка на основе микро-ТЭ работает с электрической перегрузкой, открытые проводники печатных плат не должны создавать дугу или тепловой эффект, способные поджечь горючий газ;

- температура электродвигателя, работающего как в нормальных, так и в критических условиях, например при перегрузке или блокировке ротора, не должна повышаться до температуры самовоспламенения горючего газа;

- детали электродвигателя, такие как щетки, термореле или другие компоненты, предназначенные для разрыва цепи, в том числе временного, не должны создавать дугу или тепловой эффект, способные поджечь горючий газ.

5.6 Требования к электрической безопасности

5.6.1 Опасность поражения электрическим током

Энергоустановка на основе микро-ТЭ должна отвечать требованиям к выходным характеристикам ИЭЭ1 (ES1), установленным в *ГОСТ IEC 62368-1*. Внутренние элементы энергоустановки на основе микро-ТЭ должны отвечать требованиям к ИЭЭ1 (ES1) или ИЭЭ2 (ES2).

5.6.2 Область выходных контактов

Конструкция области выходных контактов должна исключать случайное прикосновение к ним руками. Данное ограничение не распространяется на следующие типы областей выходных контактов:

a) область выходных контактов, для которой в присоединенном состоянии отсутствует вероятность случайного контакта с человеком;

b) область выходных контактов, для которой выходное напряжение и ток внутренне ограничены в соответствии с *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (таблица Q.1)* или выходные характеристики ограничиваются устройством защиты от перегрузки по току согласно *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (таблица Q.2)*.

5.6.3 Электрические компоненты

Если в энергоустановке на основе микро-ТЭ используются первичные батареи или аккумуляторы, они должны соответствовать *ГОСТ IEC 62368-1—2014* (приложение М) и следующим стандартам безопасности, если они применимы: *ГОСТ Р МЭК 60086-4*, *ГОСТ Р МЭК 60086-5*, *ГОСТ Р МЭК 62133-1*, *ГОСТ Р МЭК 62133-2* и *ГОСТ Р МЭК 62281*.

5.6.4 Электрические соединители и проводка

Должны быть соблюдены следующие требования к электрическим соединителям и проводам:

a) внутренняя и внешняя проводка в цепях ИЭП2 и ИЭП3 должна отвечать требованиям *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (подраздел 6.5)*;

b) электрические компоненты и проводка должны располагаться таким образом, чтобы минимизировать тепловое воздействие;

c) изоляционная оболочка проводов должна сохранять свою целостность во время переноски, использования или в периоды простоя энергоустановки на основе микро-ТЭ;

d) электрические соединители, используемые в электропроводке, должны иметь минимально возможную длину, и при необходимости места их расположения должны быть изолированы, защищены от нагрева, зафиксированы на месте;

e) в случае неправильного подключения открытых проводов или контактов, подсоединяемых к внешним элементам энергоустановки на основе микро-ТЭ, она либо не должна работать, либо должна работать без каких-либо отклонений;

f) открытые провода или контакты, подсоединяемые к внешним элементам энергоустановки на основе микро-ТЭ, должны быть маркированы различными номерами, буквами, символами, цветами и т. д., за исключением следующих случаев:

1) провода или контакты имеют разную геометрическую форму для предотвращения неправильного соединения;

2) имеется только два провода или контакта, при этом перекрестное подсоединение этих проводов или контактов не оказывает никакого влияния на работу энергоустановки на основе микро-ТЭ;

g) пути прокладывания проводов должны быть плавными и не иметь острых краев;

h) провода должны быть защищены от соприкосновения с заусенцами, защемлений во время монтажа и прочих воздействий, способных повредить изоляцию проводников;

i) изолированные провода, проходящие через отверстия, должны быть защищены от истирания или порезов. Соответствие требованиям устанавливается в ходе осмотра;

j) внутренняя проводка и изоляция в общем случае не должны подвергаться воздействию топлива, масел, смазки или аналогичных веществ, за исключением случаев, когда путем проведения проверки подтверждена допустимость контакта изоляции с такими веществами.

5.7 Анализ опасностей и оценка риска

В ходе анализа опасностей и оценки риска должны быть выявлены потенциальные отказы, способные негативно повлиять на безопасность. Путем проведения анализа отказов, например анализа видов и последствий отказов или анализа дерева неисправностей, должны быть определены конструкторские решения, позволяющие минимизировать вероятность или смягчить последствия этих отказов.

Примерами потенциальных опасностей и опасных условий могут служить в том числе:

- утечка коррозионного или токсичного жидкого топлива;
- утечка токсичного газа (включая газы, не указанные в таблице *3*);
- возгорание или взрыв;
- самостоятельная перезаправка топливных картриджей пользователем, если предусмотрено ее выполнение только производителем или обученным техническим персоналом;
- использование картриджей, бывших в употреблении, например, если они обладают меньшей конструкционной целостностью при неполном заполнении или не обеспечивают безопасность при их отсоединении от энергоустановки на основе микро-ТЭ после активации;
- *повторное использование одноразовых картриджей*;
- последствия воздействия влаги и повышенной относительной влажности.

Руководство по проведению анализа опасностей и оценки риска, а также анализа неисправностей представлено в следующих стандартах:

- *ГОСТ ISO 12100;*
- *ГОСТ Р МЭК 31010;*
- *ГОСТ Р 27.303;*
- *ГОСТ Р 27.302.*

5.8 Требования функциональной безопасности

5.8.1 Общие требования

Если в энергоустановке на основе микро-ТЭ предусмотрены функции защиты, использующие электрические, электронные или программируемые электронные системы, связанные с безопасностью, то они должны отвечать соответствующим требованиям функциональной безопасности. Примерами функций защиты могут служить в том числе:

- обнаружение короткого замыкания;
- обнаружение электрических перегрузок.

Применимые требования функциональной безопасности должны охватывать оценку условий единичной неисправности контроллера или схемы управления. Единичные неисправности не должны снижать уровень безопасности. Для оценки функциональной безопасности могут использоваться, например, следующие стандарты:

- *ГОСТ IEC 60335-1—2024 (раздел 19 и приложение R);*
- *ГОСТ Р МЭК 61508-1, ГОСТ Р МЭК 61508-2, ГОСТ Р МЭК 61508-4 — ГОСТ Р МЭК 61508-7 и ГОСТ IEC 61508-3;*
- *ГОСТ Р МЭК 62061;*
- *ГОСТ ISO 13849-1.*

Допускается использовать иные нормативные документы (см. [8], приложение Н).

5.8.2 Программные или электронные средства управления

Для устройств, использующих электронные контроллеры или системы управления, системное программное обеспечение и электронные схемы, применяемые в качестве основных средств обеспе-

чения безопасности в соответствии с результатами анализа опасностей и оценки риска по *5.7*, должны отвечать требованиям *применимых нормативных документов (см. [8], приложение Н)*.

Энергоустановки на основе микро-ТЭ, использующие электронные контроллеры, должны соответствовать следующим требованиям:

a) в случае возникновения любой единичной неисправности контроллера уровень безопасности не должен снижаться при нормальном использовании;

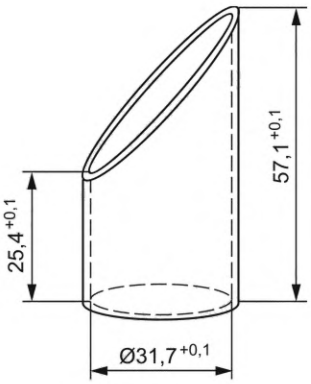
b) в случае возникновения неисправности какой-либо отдельной части схемы управления уровень безопасности при нормальном использовании не должен снижаться.

5.9 Требования к мелким деталям

Небольшие топливные картриджи *и отсоединяемые от энергоустановки на основе микро-ТЭ детали*, способные пройти через калибр для испытания мелких деталей, показанный на рисунке 2, должны иметь:

a) маркировку «БЕРЕЧЬ ОТ ДЕТЕЙ/ОПАСНОСТЬ УДУШЬЯ» на упаковке;

b) предупреждения об опасности мелких деталей, дополняющие указания из 7.5.



Примечание — Данный калибр позволяет выявить компоненты, которые возможно проглотить. Дополнительные сведения содержатся в *ГОСТ Р ИСО 8124-1*.

Рисунок 2 — Калибр для испытания мелких деталей

6 Испытания и требования в условиях нештатного режима функционирования

6.1 Общие требования

Конструкция энергоустановки на основе микро-ТЭ или ЭХГ на основе микро-ТЭ должна ограничивать риск возгорания, взрыва, утечки или других опасностей, идентифицированных при проведении анализа опасностей и оценки риска по *5.7*, обусловленных механической или электрической перегрузкой или неисправностью, внутренней утечкой, нештатным функционированием или небрежным обращением.

6.2 Нештатные режимы функционирования электромеханических компонентов

Электромеханические компоненты, за исключением электродвигателей, должны быть проверены путем проведения следующих испытаний на отказ:

a) при нормальном электропитании компонента механическое движение должно стопориться в положении, которое с наибольшей вероятностью приведет к неисправности;

b) для компонента, на который обычно подается электропитание с перерывами, в цепи управления должна быть смоделирована неисправность, в результате которой электропитание подается на компонент постоянно;

c) продолжительность каждого испытания должна соответствовать следующим требованиям:

1) для компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ, отказ в работе которых не очевиден для пользователя, продолжительность испытания должна быть достаточной либо для достижения стабильного состояния, либо для отключения из-за последствий смоделированного состояния неисправности, в зависимости от того, что наступит раньше;

2) для остальных компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ испытание должно продолжаться 5 мин или до момента отключения из-за отказа компонента.

6.3 Нештатные режимы функционирования энергоустановок на основе топливных микроэлементов со встроенными первичными батареями или аккумуляторами

Энергоустановки на основе микро-ТЭ, снабженные встроенными первичными батареями или аккумуляторами, должны быть испытаны согласно *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (пункт M.3.2)* и должны отвечать требованиям *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (пункт M.3.3)*.

6.4 Моделирование неисправностей на основе анализа опасностей в нештатном режиме функционирования

Должны быть смоделированы следующие неисправные состояния согласно *5.7*:

a) любые нештатные режимы функционирования, которые согласно *5.7* требуют оценки параметров защиты энергоустановки на основе микро-ТЭ, например защиты от перегрева, короткого замыкания, перенапряжения батареи;

b) короткое замыкание, отсоединение или перегрузка всех соответствующих компонентов и частей, если они не расположены внутри противопожарного кожуха, отвечающего всем требованиям к противопожарным кожухам, в том числе требованиям к материальному исполнению, приведенным в *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (пункт 6.4.8)*;

c) температуры, превышающие уровень срабатывания защиты от перегрева, обеспечивающей безопасность энергоустановки на основе микро-ТЭ.

Примечание — Состояние перегрузки — это любое состояние в диапазоне между состоянием при номинальной мощности и состоянием при максимальном токе вплоть до короткого замыкания.

Кроме того, при проведении испытаний в нештатных режимах функционирования должна быть обеспечена электрическая (см. *4.6.2*), пожарная (см. *4.5*) и химическая (см. 5.2) безопасность.

Результаты испытаний должны соответствовать *ГОСТ IEC 62368-1.*

7 Маркировка и сопроводительная документация

7.1 Общие требования

Все энергоустановки на основе микро-ТЭ, а также топливные картриджи должны сопровождаться соответствующей информацией о безопасности (указаниями, предупреждениями или и тем, и другим), сообщающей об условиях предполагаемого безопасного транспортирования, использования, хранения, обслуживания и утилизации изделия, в том числе предупреждающей о необходимости надлежащей вентиляции места хранения и использования.

Топливные картриджи и энергоустановки на основе микро-ТЭ должны маркироваться как соответствующие настоящему стандарту только в том случае, если они отвечают не только требованиям настоящего стандарта, но и, *при наличии,* требованиям стандарта на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего типа топлива в рамках настоящей серии стандартов.

7.2 Минимально необходимая маркировка топливного картриджа

На топливный картридж необходимо нанести следующую маркировку:

a) текст, указывающий на опасность содержащегося топлива (например, горючее или легковоспламеняющееся, токсичное, коррозионное, вступающее в реакцию с водой), в соответствии со следующим форматом: «СОДЕРЖИМОЕ [указать опасность], НЕ РАЗБИРАТЬ»;

b) «ИЗБЕГАЙТЕ КОНТАКТА С СОДЕРЖИМЫМ»;

c) «БЕРЕЧЬ ОТ ДЕТЕЙ»;

d) «ИЗБЕГАТЬ НАГРЕВАНИЯ БОЛЕЕ 50 °C, ОТКРЫТОГО ОГНЯ ИЛИ ИСТОЧНИКОВ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ»;

e) «СЛЕДУЙТЕ УКАЗАНИЯМ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ»;

f) «В СЛУЧАЕ ПРОГЛАТЫВАНИЯ СОДЕРЖИМОГО ИЛИ ПОПАДАНИЯ В ГЛАЗА ОБРАТИТЕСЬ ЗА МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩЬЮ»;

g) товарный знак и/или наименование производителя, обозначение модели и идентификационные данные, требуемые производителем;

h) состав и количество топлива;

i) текст или маркировку, указывающие на соответствие топливного картриджа требованиям настоящего стандарта.

Если размеры топливного картриджа не позволяют нанести на него всю маркировку, тогда информация, соответствующая перечислениям a)—f), может быть нанесена на индивидуальной упаковке или указана во вкладыше к ней. Кроме того, топливный картридж должен быть также маркирован соответствующим сигнальным словом («ВНИМАНИЕ», «ОСТОРОЖНО» или «ОПАСНО») и общим предупреждающим знаком W09 согласно ГОСТ 12.4.026, сопровождаемым текстом: «См. сопутствующую предупреждающую информацию».

7.3 Минимально необходимая маркировка энергоустановки на основе топливных микроэлементов

На энергоустановку на основе микро-ТЭ необходимо нанести следующую маркировку:

a) текст, указывающий на опасность содержащегося топлива (например, горючее или легковоспламеняющееся, токсичное, коррозионное, вступающее в реакцию с водой), в соответствии со следующим форматом: «СОДЕРЖИМОЕ [указать опасность] НЕ РАЗБИРАТЬ»;

b) «ИЗБЕГАЙТЕ КОНТАКТА С СОДЕРЖИМЫМ»;

c) «ИЗБЕГАТЬ НАГРЕВАНИЯ БОЛЕЕ 50 °С, ОТКРЫТОГО ОГНЯ ИЛИ ИСТОЧНИКОВ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ»;

d) «СЛЕДУЙТЕ УКАЗАНИЯМ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ»;

e) «В СЛУЧАЕ ПРОГЛАТЫВАНИЯ СОДЕРЖИМОГО ИЛИ ПОПАДАНИЯ В ГЛАЗА ОБРАТИТЕСЬ ЗА МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩЬЮ»;

f) товарный знак и/или наименование производителя, обозначение модели и идентификационные данные, требуемые производителем;

g) состав топлива;

h) максимальный объем топлива во внутренней емкости, если применимо;

i) текст или маркировку, указывающие на соответствие энергоустановки на основе микро-ТЭ требованиям настоящего стандарта;

j) электрические выходные характеристики (напряжение, ток, номинальная мощность).

7.4 Дополнительная информация, наносимая на топливный картридж или на энергоустановку на основе топливных микроэлементов

Маркировка должна охватывать следующее:

a) указания и предупреждения, связанные с безопасностью;

b) идентификационные сведения о топливных картриджах, пригодных для использования вместе с энергоустановкой на основе микро-ТЭ;

c) минимальные и максимальные температуры эксплуатации и хранения.

7.5 Сопроводительная документация

Сопроводительная документация к энергоустановке на основе микро-ТЭ или к топливному картриджу (далее — изделие) должна содержать информацию о соответствии изделия требованиям настоящего стандарта, а также включать руководство по эксплуатации, содержащее:

a) инструкцию, информирующую конечного пользователя о функционировании, надлежащем использовании, *хранении, транспортировании* и утилизации *изделия, а также содержащую сведения о лицах, осуществляющих обслуживание и ремонт изделия, если применимо*;

b) информацию, идентифицирующую производителя *изделия*, в том числе его наименование, адрес, номер телефона и ссылку на веб-сайт;

c) перечень всех предупреждений и указаний в маркировке *изделия*. Руководство может содержать дополнительную информацию, разъясняющую или уточняющую такие предупреждения и указания;

d) указания о том, что энергоустановка на основе микро-ТЭ должна использоваться и храниться в хорошо проветриваемом месте;

e) предупреждения, связанные с мелкими деталями, согласно *5.9*, если применимо.

Производитель должен указать в сопроводительной документации к энергоустановке на основе микро-ТЭ тип топлива, а также, если применимо, качественные характеристики топлива, которое может быть использовано в энергоустановке на основе микро-ТЭ.

В сопроводительной документации к энергоустановке на основе микро-ТЭ должны быть указаны сведения о топливных картриджах, предназначенных для использования вместе с ней.

Если энергоустановка на основе микро-ТЭ предназначена для использования со вспомогательным картриджем, производитель должен указать в сопроводительной документации максимальное допустимое давление подачи топлива для совместимого вспомогательного картриджа.

8 Методы испытаний энергоустановок на основе топливных микроэлементов и топливных картриджей

8.1 Общие положения

8.1.1 Раздел 8 определяет порядок проведения типовых испытаний энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей, моделирующих условия нормальной эксплуатации, транспортирования и обоснованно прогнозируемого неправильного использования. *Порядок проведения проверок на наличие утечек и выбросов, их оценки и измерения в рамках типовых испытаний установлен в 8.3.*

8.1.2 В приложении А указаны цели каждого типового испытания, описанного в настоящем стандарте (см. таблицу А.1).

8.1.3 Перечень типовых испытаний, которые должны быть проведены, и сведения об испытываемых образцах, используемых для каждого испытания, указаны в таблице *4*. *Типовое испытание считается пройденным только в том случае, если по его результатам все испытываемые образцы соответствуют критериям прохождения испытания.*

Примечание — В отдельных типовых испытаниях требуется использовать в качестве испытываемых образцов топливные картриджи, бывшие в употреблении. Если извлечение топливного картриджа из работающей энергоустановки на основе микро-ТЭ допускается в любой момент времени, то для целей испытаний в качестве топливного картриджа, бывшего в употреблении, рекомендуется использовать стабилизированный топливный картридж, который находился в эксплуатации до тех пор, пока примерно половина первоначального запаса топлива не была использована. При наличии в энергоустановке на основе микро-ТЭ механизма блокировки, предотвращающего извлечение топливного картриджа во время работы, в качестве испытываемого топливного картриджа, бывшего в употреблении, рекомендуется использовать топливный картридж в таком состоянии, в котором он может быть извлечен из энергоустановки на основе микро-ТЭ.

Таблица *4* — Перечень типовых испытаний

Структурный элемент настоящего стандарта	Наименование испытания	Испытываемый образец
8.2.1	Испытания давлением	Неиспользованный топливный картридж. Топливный картридж, бывший в употреблении. Энергоустановка на основе микро-ТЭ
8.2.2	Вибрационное испытание	Неиспользованный топливный картридж. Топливный картридж, бывший в употреблении. Энергоустановка на основе микро-ТЭ
8.2.3	Испытание на циклическое изменение температуры *(в том числе на воздействие пониженных температур)*	Неиспользованный топливный картридж. Топливный картридж, бывший в употреблении. Энергоустановка на основе микро-ТЭ
8.2.4	Испытание на воздействие повышенных температур	Неиспользованный топливный картридж. Топливный картридж, бывший в употреблении

Окончание таблицы 4

Структурный элемент настоящего стандарта	Наименование испытания	Испытываемый образец
8.2.5	Испытание падением	Неиспользованный топливный картридж. Топливный картридж, бывший в употреблении. Энергоустановка на основе микро-ТЭ
8.2.6	Испытание на сжатие	Неиспользованный топливный картридж. Топливный картридж, бывший в употреблении. Энергоустановка на основе микро-ТЭ
8.2.7	Испытание на внешнее короткое замыкание	Энергоустановка на основе микро-ТЭ
8.2.8	Температурное испытание поверхностей и выпускных газов	Энергоустановка на основе микро-ТЭ
8.2.9	Испытание на длительное хранение	Неиспользованный топливный картридж. Топливный картридж, бывший в употреблении
8.2.10	Испытание на подсоединение/отсоединение при повышенной температуре	Неиспользованный топливный картридж и энергоустановка на основе микро-ТЭ. Топливный картридж, бывший в употреблении, и энергоустановка на основе микро-ТЭ
8.2.11	Испытание на циклическое подсоединение	Неиспользованный топливный картридж и энергоустановка на основе микро-ТЭ
8.2.12	Испытание на утечки и выбросы газа	Энергоустановка на основе микро-ТЭ

Примечания

1 Если для конкретного типового испытания указано несколько видов испытываемых образцов, то данное типовое испытание должно быть проведено на каждом из указанных типов образцов.

2 Испытания согласно *8.2.2* и *8.2.3* должны проводиться последовательно с использованием одних и тех же топливных картриджей. Испытания согласно *8.2.1*, *8.2.2* и *8.2.3* должны проводиться последовательно с использованием одних и тех же энергоустановок на основе микро-ТЭ.

3 По усмотрению производителя топливные картриджи и энергоустановки на основе микро-ТЭ могут использоваться для проведения испытаний повторно, если это не ставит под сомнение результаты отдельных испытаний.

4 Если энергоустановка на основе микро-ТЭ предусматривает подсоединение к топливному картриджу во время работы, то типовое испытание проводится для энергоустановки на основе микро-ТЭ с подсоединенным топливным картриджем. Это применимо и к вспомогательным картриджам.

8.1.4 Если в разделе 8 не оговорено иное, при проведении испытаний обеспечиваются условия окружающей среды из таблицы *5*.

Таблица *5* — Условия окружающей среды при проведении испытаний

Параметр окружающей среды	Описание
Температура воздуха в испытательном помещении	Температура воздуха равна (22 ± 5) °С
Атмосфера испытательного помещения (только для испытаний энергоустановки на основе микро-ТЭ)	Атмосфера испытательного помещения содержит не более 0,2 % диоксида углерода и не более 0,002 % окиси углерода. Атмосфера испытательного помещения содержит от 18 % до 21 % кислорода

8.1.5 Перед началом каждого испытания испытываемые образцы должны быть выдержаны при указанной температуре воздуха в испытательном помещении в течение минимум 3 ч.

Примечание — В приведенных типовых испытаниях выполняются действия, которые могут нанести вред здоровью, если не предпринять надлежащих мер предосторожности. Испытания должны выполняться только квалифицированными и опытными техническими специалистами, использующими надлежащие средства защиты.

8.1.6 Помимо указанных в таблице *4* типовых испытаний для вспомогательных картриджей с жидким топливом и для энергоустановки на основе микро-ТЭ, рассчитанных на использование таких картриджей, должны быть проведены следующие дополнительные типовые испытания *(см. [9], пункт 4.4)* в условиях их подсоединения: испытания топливных картриджей на сжатие, растяжение, кручение и на изгиб.

8.2 Методы испытаний

8.2.1 Испытания давлением

8.2.1.1 Общие положения

Данные испытания позволяют подтвердить соответствие требованиям 5.4.1 путем проверки целостности топливного картриджа и энергоустановки на основе микро-ТЭ как при повышенном давлении, так и при отрицательном избыточном давлении.

Чтобы подтвердить отсутствие утечки из топливных картриджей, должно быть проведено испытание на повышенное внутреннее давление по *8.2.1.2*. Верхнее значение испытательного давления *определяют по формуле*

$$P_{исп} = \max \{100 + P_{22}; 2 \cdot P_{55}\}, \quad (1)$$

где P_{22} *— номинальное избыточное рабочее давление топливного картриджа при 22 °С, кПа;*

P_{55} *— номинальное избыточное рабочее давление топливного картриджа при 55 °С, кПа.*

Для энергоустановки на основе микро-ТЭ с топливосодержащими компонентами, в которых топливо находится под давлением выше атмосферного, должно проводиться испытание на повышенное внутреннее давление по *8.2.1.3*.

Для энергоустановки на основе микро-ТЭ должно проводиться испытание при пониженном внешнем давлении 68 кПа и внешнем абсолютном давлении 11,6 кПа.

8.2.1.2 Испытание топливного картриджа на повышенное внутреннее давление

a) Испытываемые образцы — шесть корпусов топливных картриджей и шесть клапанов топливных картриджей. Корпуса и клапаны топливных картриджей проходят испытание раздельно.

b) Порядок проведения испытания:

1) путем заполнения топливного картриджа испытательной средой, рекомендованной производителем *и выбираемой в зависимости от вида топлива, предполагаемого к использованию в дальнейшем*, давление внутри него нагнетают до $P_{исп}$. Скорость нагнетания давления внутри топливного картриджа не должна превышать 60 кПа/с;

2) максимальное давление поддерживают на протяжении 30 мин при температуре, равной температуре воздуха в испытательном помещении. По истечении указанного времени осуществляют контроль давления и проводят проверку на наличие утечек;

3) с использованием соответствующей испытательной среды создают давление $P_{исп}$ на закрытый клапан топливного картриджа. Скорость нагнетания давления не должна превышать 60 кПа/с;

4) максимальное давление поддерживают на протяжении 30 мин при температуре, равной температуре воздуха в испытательном помещении. По истечении указанного времени осуществляют контроль давления и проводят проверку на наличие утечек.

c) Критерии прохождения испытания — отсутствие признаков утечки испытательной среды и падения давления в ходе испытания. Требование не распространяется на предохранительный клапан.

Примечание — Требование о 30-минутной выдержке испытываемого образца под давлением соответствует правилам, *установленным в соответствующем нормативном документе (см. [6])*.

8.2.1.3 Испытание энергоустановки на основе топливных микроэлементов на повышенное внутреннее давление

Данное испытание необходимо проводить только для компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ, содержащих жидкости и газы под давлением выше атмосферного. Данное испытание может быть проведено с заглушенными или отсутствующими устройствами сброса давления или продувочными клапанами.

a) Испытываемые образцы — три набора любых компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ, предназначенных для поддержания давления топлива или других жидкостей и газов выше атмосферного.

b) Порядок проведения испытания:

1) путем заполнения компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ испытательной средой, рекомендованной производителем *и выбираемой в зависимости от вида топлива, предполагаемого к использованию в дальнейшем*, давление внутри них нагнетают до двукратного максимального рабочего давления в компонентах при 55 °С или двукратного максимального давления подачи топлива из топливного картриджа при 55 °С, в зависимости от того, какое давление больше. Скорость нагнетания давления не должна превышать 60 кПа/с;

2) максимальное давление поддерживают и контролируют на протяжении 30 минут при температуре, равной температуре воздуха в испытательном помещении, наличие утечек испытательной среды проверяют согласно требованиям стандарта на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего типа топлива в рамках настоящей серии стандартов или*, при отсутствии такого стандарта, согласно требованиям производителя энергоустановки на основе микро-ТЭ*.

c) Критерий прохождения испытания — отсутствие признаков утечки испытательной среды и резкого падения давления в ходе испытания.

8.2.1.4 Испытание энергоустановки на основе топливных микроэлементов при низком абсолютном внешнем давлении 68 кПа

a) Испытываемые образцы — три энергоустановки на основе микро-ТЭ с установленными неиспользованными картриджами (при необходимости только что активированными). Если энергоустановка на основе микро-ТЭ рассчитана на использование вспомогательных картриджей, она должна быть заправлена в соответствии со спецификациями производителя.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытываемый образец выдерживают в условиях пониженного внешнего давления 68 кПа на протяжении 6 ч при температуре воздуха в испытательном помещении, проводят проверку на наличие утечек;

2) испытываемый образец помещают в условия атмосферного давления, включают и оставляют работать 10 мин;

3) проводят проверку на наличие признаков возгорания или взрыва;

4) выключают испытываемый образец;

5) выполняют проверку на наличие утечек и выбросов, в том числе проверку по *8.3.2*.

Если всесторонняя проверка на наличие утечек требует разборки испытываемого образца (например, при проверке герметичности внутренней емкости), этапы испытаний, требующие разборки, могут быть выполнены один раз в конце испытания по *8.2.3*. Однако испытание энергоустановки на основе микро-ТЭ в сборке выполняется в рамках этапа *5)*.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания или открытого огня на протяжении испытания;
- отсутствие взрыва на протяжении испытания;
- утечки и выбросы не должны превышать предельные значения, указанные в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

Если энергоустановка на основе микро-ТЭ находится в нерабочем состоянии и пределы скорости утечки газа для нерабочих устройств не превышены, то результат испытания считается положительным.

8.2.1.5 Испытание энергоустановки на основе топливных микроэлементов при низком абсолютном внешнем давлении 11,6 кПа

Данное испытание требуется проводить для всех энергоустановок на основе микро-ТЭ.

a) Испытываемые образцы — три энергоустановки на основе микро-ТЭ с установленными неиспользованными картриджами (при необходимости только что активированными). Если энергоустановка на основе микро-ТЭ рассчитана на использование вспомогательных картриджей, она должна быть заправлена в соответствии со спецификациями производителя.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытываемый образец выдерживают в условиях пониженного внешнего давления 11,6 кПа на протяжении 1 ч при температуре воздуха в испытательном помещении, проводят проверку на наличие утечек;

2) испытываемый образец помещают в условия атмосферного давления, включают и оставляют работать 10 мин;

3) проводят проверку на наличие признаков возгорания или взрыва;

4) выключают испытываемый образец;

5) выполняют проверку на наличие утечек и выбросов, в том числе проверку по *8.3.2*.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки и выбросы не должны превышать пределов, указанных в таблице 3, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2;
- в течение 1 ч проведения испытания при абсолютном внешнем давлении 11,6 кПа утечки химических соединений на этапе 1) должны быть меньше предельных для данного испытания значений, установленных в стандарте на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего типа топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, согласно требованиям производителя энергоустановки на основе микро-ТЭ.*

Если энергоустановка на основе микро-ТЭ находится в нерабочем состоянии и пределы скорости утечки газа для нерабочих устройств не превышены, то результат испытания считается положительным.

В рамках испытания при давлении 11,6 кПа продолжительность времени для определения предельных значений утечек и выбросов газа выбирается 1 ч для горючих газов вместо 24 ч. По этой причине в каждом стандарте в рамках настоящей серии будет указано собственное предельное значение. Например, для водорода предел скорости утечки составит 0,08 г/ч вместо 0,0032 г/ч, а для метанола — 2 г/ч вместо 0,08 г/ч.

8.2.2 **Вибрационное испытание**

a) Испытываемые образцы — шесть неиспользованных топливных картриджей, шесть топливных картриджей, бывших в употреблении, и три энергоустановки на основе микро-ТЭ, применявшиеся в испытании по *8.2.1.4*, или три энергоустановки на основе микро-ТЭ, заправленные топливом в соответствии со спецификациями производителя, применявшиеся в испытании по *8.2.1.4* и подсоединенные к топливному картриджу.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытываемый образец должен быть надежно, без деформаций, закреплен на платформе вибростенда таким образом, чтобы обеспечить надлежащую передачу вибрации;

2) вибрация должна быть гармонической с логарифмическим качанием частоты в диапазоне от 7 до 200 Гц и обратно, пройденном за 15 мин;

3) данный цикл должен быть повторен 12 раз на протяжении 3 ч для каждого из трех взаимно перпендикулярных положений крепления испытываемых образцов;

4) логарифмическое качание частоты осуществляется следующим образом. В диапазоне от 7 до 18 Гц поддерживается максимальное ускорение 9,8 м/с^2. Затем амплитуда поддерживается на уровне 0,8 мм (размах колебания 1,6 мм), и частота увеличивается до достижения максимального ускорения 78,4 м/с^2 (с частотой 50 Гц). Далее максимальное ускорение 78,4 м/с^2 сохраняют до достижения частоты 200 Гц;

5) согласно *8.3* каждый испытываемый образец проверяют на наличие утечек;

6) включают испытываемую энергоустановку на основе микро-ТЭ и оставляют работать 10 мин;

7) проводят проверку на наличие признаков возгорания или взрыва;

8) выключают испытываемую энергоустановку на основе микро-ТЭ;

9) выполняют проверку на наличие утечек и выбросов, в том числе проверку по *8.3*.

Если всесторонняя проверка на наличие утечек требует разборки энергоустановки на основе микро-ТЭ (например, при проверке герметичности внутренней емкости), этапы испытаний, требующие разборки, могут быть выполнены один раз в конце испытания по *8.2.3*. Однако испытание энергоустановки на основе микро-ТЭ в сборке выполняется в рамках этапа 9).

c) Критерии прохождения испытания для топливного картриджа:

- отсутствие признаков возгорания или открытого огня на протяжении испытания;
- отсутствие взрыва на протяжении испытания;

- утечки не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

d) Критерии прохождения испытания для энергоустановки на основе микро-ТЭ:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки и выбросы не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

Если энергоустановка на основе микро-ТЭ находится в нерабочем состоянии и пределы скорости утечки газа для нерабочих устройств не превышены, то результат испытания считается положительным.

8.2.3 Испытание на циклическое изменение температуры

а) Испытываемые образцы — шесть неиспользованных топливных картриджей, применявшихся для испытания по *8.2.2*, шесть топливных картриджей, бывших в употреблении, применявшихся для испытания по *8.2.2*, три энергоустановки на основе микро-ТЭ, применявшиеся для испытания по *8.2.2,* или три энергоустановки на основе микро-ТЭ, заправленные в соответствии со спецификациями производителя, применявшиеся для испытания по *8.2.2*.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытание топливного картриджа должно быть проведено в двух положениях — клапаном вверх и клапаном вниз. Испытание энергоустановки на основе микро-ТЭ проводят только в одном положении, *выбранном с учетом инструкций производителя*;

2) температурный профиль для проведения испытаний изображен на рисунке *3*;

3) испытываемый образец помещают в термостатированную испытательную камеру и на протяжении 1 ч повышают температуру внутри нее от (22 ± 5) °С до значения не менее (55 ± 2) °С, после чего выдерживают образец при температуре не ниже (55 ± 2) °С не менее 4 ч;

4) температуру в камере понижают до (22 ± 5) °С на протяжении 1 ч и выдерживают образец при указанной температуре в течение (60 ± 5) мин, затем снижают до минус (40 ± 5) °С на протяжении 2 ч и выдерживают образец при указанной температуре не менее 4 ч;

5) температуру в камере повышают до (22 ± 5) °С на протяжении 2 ч и выдерживают образец при указанной температуре (60 ± 5) мин;

6) действия этапов с 3) по 5) выполняются дважды;

7) каждый испытываемый образец проверяют на наличие утечек по *8.3*;

8) включают энергоустановку на основе микро-ТЭ и оставляют работать 10 мин;

9) проводят проверку на наличие признаков возгорания или взрыва;

10) выключают энергоустановки на основе микро-ТЭ;

11) выполняют проверку на наличие утечек и недопустимых выбросов, в том числе проверку по *8.3*.

c) Критерии прохождения испытания для топливного картриджа:

- отсутствие признаков возгорания или открытого огня на протяжении испытания;
- отсутствие взрыва на протяжении испытания;
- утечки должны находиться в допустимых пределах, указанных в стандарте на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, указанных в иных применимых документах или установленных производителем энергоустановки на основе микро-ТЭ*.

d) Критерии прохождения испытания для энергоустановки на основе микро-ТЭ:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки и выбросы должны находиться в допустимых пределах, указанных в *настоящем стандарте, а также* в стандарте на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, указанных в иных применимых документах или установленных производителем энергоустановки на основе микро-ТЭ*.

Если энергоустановка на основе микро-ТЭ находится в нерабочем состоянии и пределы скорости утечки газа для нерабочих устройств не превышены, то результат испытания считается положительным.

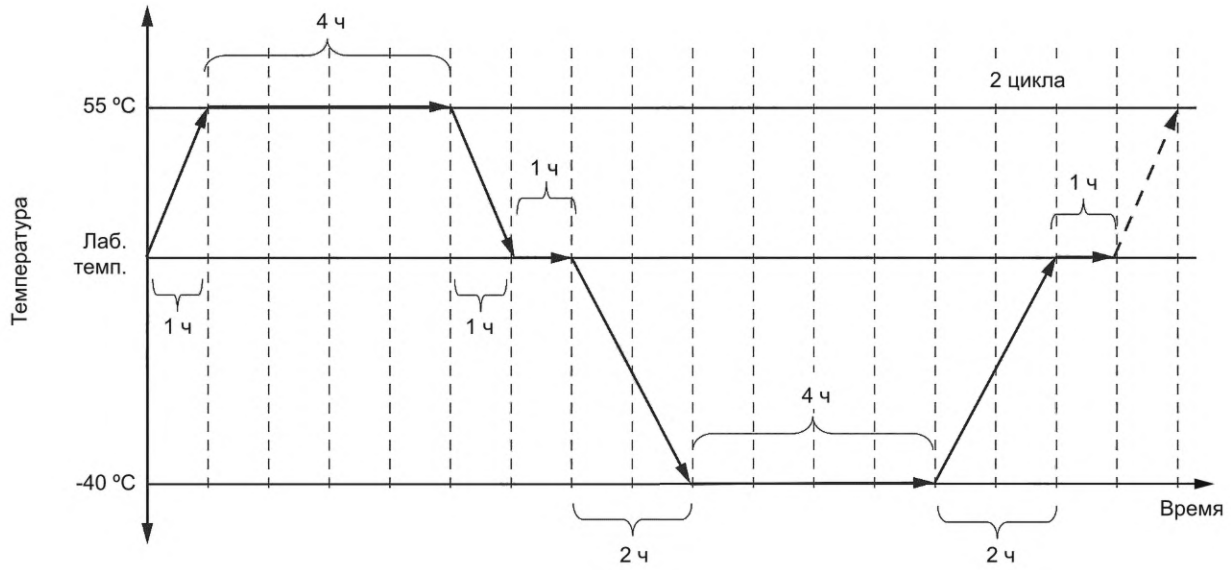


Рисунок *3* — Температурный профиль одного цикла проведения испытания на циклическое изменение температур (термоциклирование)

8.2.4 **Испытание на воздействие повышенных температур**

а) Испытываемые образцы — шесть неиспользованных топливных картриджей и шесть топливных картриджей, бывших в употреблении.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытания проводят в двух положениях топливных картриджей — клапаном вверх и клапаном вниз;

2) испытываемый образец помещают в термостатированную испытательную камеру, нагретую до температуры не ниже (70 ± 2) °С, затем ожидают до восстановления температуры внутри камеры до значения не ниже (70 ± 2) °С и выдерживают образец при этой температуре не менее 4 ч;

3) испытываемый образец извлекают из испытательной камеры и ожидают его охлаждения до температуры, равной температуре воздуха в испытательном помещении;

4) выполняют проверку на наличие утечек по *8.3*;

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания или открытого огня на протяжении испытания;
- отсутствие взрыва на протяжении испытания;
- утечки не превышают пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

8.2.5 **Испытание падением**

а) *Приведенное испытание проводится только для топливных картриджей и носимых или устанавливаемых в мобильные и транспортные средства энергоустановок на основе микро-ТЭ.*

Испытываемые образцы — шесть неиспользованных топливных картриджей, шесть топливных картриджей, бывших в употреблении, и три заправленные топливом энергоустановки на основе микро-ТЭ. Если энергоустановка на основе микро-ТЭ рассчитана на использование вспомогательных картриджей, она должна подвергаться испытанию после заправки в соответствии со спецификациями производителя с подсоединенным к ней вспомогательным картриджем.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытываемый образец сбрасывают с определенной высоты на горизонтальную поверхность, изготовленную из древесины твердой породы *(см. ГОСТ 23431—79, статья 1д)* толщиной не менее 13 мм, уложенной на два слоя фанеры толщиной от 18 до 20 мм каждый, опирающихся на бетонный или аналогичный неупругий пол. Вместо указанной горизонтальной поверхности может использоваться эквивалентный или более твердый неупругий пол (например, непокрытый бетон);

2) высота падения должна составлять:

- (1200 ± 10) мм: для энергоустановки на основе микро-ТЭ;

- (1500 ± 10) мм: для топливного картриджа объемом более 200 мл;
- (1800 ± 10) мм: для топливного картриджа объемом до 200 мл;

3) для топливных картриджей испытание падением должно проводиться на одном и том же образце *не менее чем* в четырех ориентациях *[см. перечисление 5)]*;

4) для энергоустановки на основе микро-ТЭ — по усмотрению производителя допускается использовать одну энергоустановку для всех четырех ориентаций при падении или использовать несколько энергоустановок при последующих падениях в иных ориентациях. Перед падением в каждую энергоустановку на основе микро-ТЭ устанавливают топливный картридж, после чего ее включают на (10,0 ± 0,5) мин и оставляют в рабочем состоянии для проведения испытаний на падение;

5) для всех испытаний падением испытываемые образцы сбрасывают в следующих ориентациях:

- клапаном вверх;
- клапаном вниз;
- в двух других взаимно перпендикулярных ориентациях.

6) после каждого падения все испытываемые образцы проверяют на наличие утечек по *8.3*;

7) включают энергоустановки на основе микро-ТЭ и оставляют работать (10 ± 1) мин;

8) проводят проверку на наличие признаков возгорания или взрыва;

9) выключают энергоустановки на основе микро-ТЭ;

10) выполняют проверку на наличие утечек и выбросов, в том числе проверку по *8.3*.

c) Критерии прохождения испытания для топливного картриджа:

- отсутствие признаков возгорания или открытого огня на протяжении испытания;
- отсутствие взрыва на протяжении испытания;
- утечки не должны превышать допустимых пределов, указанных в *настоящем стандарте, а также* в стандарте на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, указанных в иных применимых документах или установленных производителем энергоустановки на основе микро-ТЭ*.

d) Критерии прохождения испытания для энергоустановки на основе микро-ТЭ:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки и выбросы не превышают допустимых пределов, указанных в *настоящем стандарте, а также* в стандарте на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, указанных в иных применимых документах или установленных производителем энергоустановки на основе микро-ТЭ*;
- если энергоустановка на основе микро-ТЭ продолжает функционировать, то ее защитные схемы, указанные в рамках анализа опасностей и оценки риска как часть систем безопасности, должны оставаться полностью функциональными;
- не должно быть обнажения частей, представляющих потенциальную опасность.

Если энергоустановка на основе микро-ТЭ находится в нерабочем состоянии и пределы скорости утечки газа для нерабочих устройств не превышены, то результат испытания считается положительным.

***8.2.6* Испытание на сжатие**

8.2.6.1 Энергоустановка на основе топливных микроэлементов

a) Испытываемые образцы — три заправленные топливом энергоустановки на основе микро-ТЭ. Если энергоустановка на основе микро-ТЭ рассчитана на использование вспомогательных картриджей, она должна подвергаться испытанию после заправки в соответствии со спецификациями производителя с подсоединенным к ней вспомогательным картриджем.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытываемый образец помещается между двумя плоскими брусками из древесины твердой породы *(см. ГОСТ 23431—79, статья 1д)* длиной 254 мм (10 дюймов), шириной *102* мм (4 дюйма) и толщиной *13* мм (1/2 дюйма) с отклонением ±*3* мм (±1/8 дюйма), оснащенными подходящим сдавливающим устройством (устройствами), способным оказывать на образец сжимающее усилие (245,0 ± 9,8) Н;

2) сжимающее усилие прикладывается к образцу постепенно со скоростью не более *13* мм/мин (1/2 дюйм/мин);

3) сжимающее усилие (245,0 ± 9,8) Н прикладывается к неподвижному образцу в течение времени воздействия 5 с;

4) испытание, как правило, проводят для трех взаимно перпендикулярных ориентаций. Нет необходимости испытывать образец в его неустойчивой ориентации;

5) выполняют проверку на наличие утечек по *8.3*;

6) включают испытываемый образец и оставляют работать 10 мин;

7) проводят проверку на наличие признаков возгорания или взрыва;

8) выключают испытываемый образец;

9) выполняют проверку на наличие утечек или выбросов, в том числе проверку по *8.3*.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки или выбросы не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

Если энергоустановка на основе микро-ТЭ находится в нерабочем состоянии и пределы скорости выброса газа для нерабочих устройств не превышены, то результат испытания считается положительным.

8.2.6.2 Топливный картридж

a) Испытываемые образцы — шесть неиспользованных топливных картриджей и шесть топливных картриджей, бывших в употреблении.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытываемый образец помещается между двумя плоскими брусками из древесины твердой породы *(см. ГОСТ 23431—79, статья 1д)* длиной 254 мм (10 дюймов), шириной *102* мм (4 дюйма) и толщиной *13* мм (1/2 дюйма) с отклонением ±*3* мм (±1/8 дюйма), оснащенными подходящим сдавливающим устройством (устройствами), способным оказывать на образец сжимающее усилие (981,0 ± 9,8) Н;

2) сжимающее усилие прикладывается к образцу постепенно со скоростью не более *13* мм/мин (1/2 дюйм/мин);

3) сжимающее усилие (981,0 ± 9,8) Н прикладывается к неподвижному образцу в течение 5 с;

4) при проведении испытания ориентации топливного картриджа следует выбирать с учетом наиболее вероятного устойчивого положения при его случайном падении (например, ориентация с центром тяжести, расположенным наиболее низко относительно поверхности опоры). Допускается проводить испытание только для одной поверхности призматического топливного картриджа, имеющего форму близкую к кубической, или для криволинейной поверхности цилиндрического топливного картриджа с длиной продольной оси, превышающей диаметр более чем в два раза;

5) выполняют проверку на наличие утечек по *8.3*.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

***8.2.7* Испытание на внешнее короткое замыкание**

a) Испытываемые образцы — три энергоустановки на основе микро-ТЭ, заправленные топливом в соответствии со спецификациями производителя, или энергоустановки на основе микро-ТЭ с установленными неиспользованными (при необходимости только что активированными) картриджами.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытание на внешнее короткое замыкание должно быть проведено раздельно для двух режимов: с выключателем питания нагрузки в положениях «ВКЛ» и «ВЫКЛ»;

2) каждый испытываемый образец закорачивают не менее чем на 5 мин, соединяя положительные и отрицательные клеммы образца проводами с максимальным электрическим сопротивлением 0,1 Ом;

3) проводят проверку на наличие признаков возгорания или взрыва;

4) выполняют проверку на наличие утечек или недопустимых выбросов, в том числе проверку по *8.3*.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки или выбросы не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2;
- температуры наружных поверхностей не должны превышать значения, указанные в *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (таблица 42)*, во время или после проведения испытания на внешнее короткое замыкание.

Если энергоустановки на основе микро-ТЭ в нерабочем состоянии и пределы скорости утечки газа для нерабочих устройств не превышены, то результат испытания считается положительным.

8.2.8 **Температурное испытание поверхностей и выпускных газов**

a) Испытываемые образцы — три энергоустановки на основе микро-ТЭ, заправленные топливом в соответствии со спецификациями производителя, или энергоустановки на основе микро-ТЭ с установленными неиспользованными (при необходимости только что активированными) картриджами.

b) Порядок проведения испытания:

1) температура измеряется, пока не стабилизируется в пределах ±2 °С на протяжении 5 мин;

2) данное испытание должно быть проведено при рабочей температуре окружающей среды, указанной производителем;

3) температуру открытых поверхностей испытываемых образцов, работающих при номинальной мощности, измеряют с помощью инфракрасных камер, термопар или других пригодных средств измерений;

4) во время нормальной работы положение испытываемых образцов должно обеспечивать беспрепятственный отвод выпускных газов;

5) температура выпускных газов должна измеряться на расстоянии 1 см от выпускного отверстия испытываемого образца, работающего при номинальной мощности;

6) на время испытания не должны срабатывать термовыключатели и устройства защиты от перегрузки.

c) Критерии прохождения испытания:

- температура поверхностей частей энергоустановки на основе микро-ТЭ, легкодоступных для прикосновения человека, должна соответствовать требованиям *ГОСТ IEC 62368-1* для источников тепловой энергии типа ИТЭ1 или ИТЭ2, как указано в *5.5*;

- температура на расстоянии 1 см от выпускного отверстия работающей энергоустановки на основе микро-ТЭ должна быть ниже *безопасной температуры, как указано в 5.5.1*;

- температура компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ, не указанных в *ГОСТ IEC 62368-1—2014 (таблица 42)*, не должна превышать максимальную допустимую рабочую температуру компонентов и электропроводки. Компоненты, связанные с обеспечением безопасности, должны быть идентифицированы при проведении анализа опасностей и оценки риска.

Данное испытание может проводиться последовательно с испытанием на внешнее короткое замыкание при использовании одного и того же образца.

8.2.9 **Испытание на длительное хранение**

a) Испытываемые образцы — шесть неиспользованных топливных картриджей и шесть топливных картриджей, бывших в употреблении.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытываемый образец помещают не менее чем на 28 суток в термокамеру и выдерживают при температуре (50 ± 2) °С;

2) на этапе 1) выполняют проверку на наличие утечек по *8.3*.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;

- утечки не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

8.2.10 **Испытание на подсоединение/отсоединение при повышенной температуре**

a) Испытываемые образцы — шесть неиспользованных топливных картриджей, шесть топливных картриджей, бывших в употреблении, и одна энергоустановка на основе микро-ТЭ или подходящее испытательное приспособление с клапаном энергоустановки на основе микро-ТЭ, *имитирующее место подсоединения топливного картриджа (далее — испытательное приспособление)*.

b) Порядок проведения испытания:

1) испытываемый топливный картридж помещают в термостатированную испытательную камеру с температурой не ниже (50 ± 2) °С на не менее чем 4 ч;

2) энергоустановку на основе микро-ТЭ или испытательное приспособление выдерживают при температуре, равной температуре воздуха в испытательном помещении;

3) испытываемый топливный картридж извлекают из камеры, при необходимости приводят в рабочее состояние и в течение 5 мин после извлечения из камеры подсоединяют в энергоустановку на основе микро-ТЭ или к испытательному приспособлению;

4) при подсоединении выполняют проверку на наличие утечек по *8.3*;

5) отсоединяют топливный картридж и выполняют проверку на наличие утечек по *8.3*.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

Если топливный картридж не удается подсоединить путем приложения обычного усилия, но он соответствует вышеуказанным критериям прохождения испытания, результат испытания считается положительным.

8.2.11 **Испытания на циклическое подсоединение**

8.2.11.1 Общие положения

Испытания, описанные в *8.3.11*, не применимы к картриджам, предназначенным для одноразового использования и имеющим механизм блокировки, не позволяющий пользователю вставить использованный картридж.

8.2.11.2 Встроенный, внешний или пристыковываемый картридж

a) Испытываемые образцы — неиспользованный встроенный, внешний или пристыковываемый картридж и энергоустановка на основе микро-ТЭ, заправленная топливом в соответствии с инструкциями производителя, или подходящее испытательное приспособление с клапаном энергоустановки на основе микро-ТЭ, *имитирующее место подсоединения топливного картриджа и* заправленное топливом в соответствии с инструкциями производителя *(далее — испытательное приспособление)*. Конструкция испытательного приспособления должна позволять имитировать поток топлива из топливного картриджа.

b) Порядок проведения испытания:

1) проводится подготовка топливного картриджа к использованию в энергоустановки на основе микро-ТЭ;

2) топливный картридж подсоединяют к энергоустановке на основе микро-ТЭ или к испытательному приспособлению и проводят проверку на наличие утечек при подсоединении;

3) включают энергоустановку на основе микро-ТЭ или*, при использовании испытательного приспособления,* иным образом имитируют поток топлива из топливного картриджа не менее 1 мин;

4) выключают энергоустановку на основе микро-ТЭ или*, при использовании испытательного приспособления,* перекрывают имитируемый поток топлива из топливного картриджа, после чего отсоединяют картридж;

5) выполняют еще восемь раз подсоединение топливного картриджа и включение энергоустановки на основе микро-ТЭ или имитацию потока топлива на протяжении не менее 1 мин с последующим отсоединением топливного картриджа, что составляет в общей сложности девять подсоединений и отсоединений;

6) подсоединяют топливный картридж и выполняют проверку на наличие утечек после подсоединения, затем включают энергоустановку на основе микро-ТЭ или иным образом имитируют поток топлива из топливного картриджа не менее 1 мин;

7) выключают энергоустановку на основе микро-ТЭ или перекрывают имитируемый поток из топливного картриджа;

8) отсоединяют топливный картридж и выполняют проверку на наличие утечек.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

8.2.11.3 Вспомогательный картридж

a) Испытываемые образцы — неиспользованный вспомогательный топливный картридж и энергоустановка на основе микро-ТЭ или подходящее приспособление с клапаном энергоустановки на основе микро-ТЭ, *имитирующее место подсоединения топливного картриджа и* заправленное топливом в соответствии с инструкциями производителя *(далее — испытательное приспособление)*. Конструкция испытательного приспособления должна позволять имитировать поток топлива из топливного картриджа.

b) Порядок проведения испытания:

1) проводится подготовка топливного картриджа к использованию в энергоустановке на основе микро-ТЭ;

2) топливный картридж подсоединяют к энергоустановке на основе микро-ТЭ или к испытательному приспособлению и проводят проверку на наличие утечек при подсоединении;

3) инициируют или имитируют поток топлива из топливного картриджа не менее 1 мин;

4) перекрывают имитируемый поток из топливного картриджа, отсоединяют топливный картридж и выполняют проверку на наличие утечек;

5) выполняют еще 48 раз подсоединение топливного картриджа с включением энергоустановки на основе микро-ТЭ или имитацией потока топлива и последующим отсоединением топливного картриджа, что составляет в общей сложности 49 подсоединений и отсоединений;

6) подсоединяют топливный картридж к энергоустановке на основе микро-ТЭ или к испытательному приспособлению и выполняют проверку на наличие утечек после подсоединения, затем включают энергоустановку на основе микро-ТЭ или иным образом имитируют поток топлива из топливного картриджа;

7) отсоединяют топливный картридж и выполняют проверку на наличие утечек.

Проверка на наличие утечек газа на этапе 7) обязательна, при этом если проводится измерение массы для оценки утечек, то начальное значение массы должно быть зафиксировано после окончательного отсоединения топливного картриджа.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

8.2.11.4 Энергоустановка на основе топливных микроэлементов

a) Испытываемые образцы — энергоустановка на основе микро-ТЭ, заправленная топливом в соответствии с инструкциями производителя, и не менее двух неиспользованных топливных картриджей, а также подходящее испытательное приспособление с клапаном топливного картриджа. Конструкция испытательного приспособления должна соответствовать геометрии и материальному исполнению клапана топливного картриджа. *Испытательное приспособление допускается заменить на неиспользованные топливные картриджи.*

b) Порядок проведения испытания:

1) проводится подготовка первого неиспользованного картриджа к использованию в энергоустановке на основе микро-ТЭ;

2) первый неиспользованный топливный картридж подсоединяют к энергоустановке на основе микро-ТЭ и проводят проверку на наличие утечек при подсоединении;

3) включают энергоустановку на основе микро-ТЭ и оставляют ее в рабочем состоянии не менее 1 мин;

4) выключают энергоустановку на основе микро-ТЭ и отсоединяют первый топливный картридж;

5) выполняют еще девять раз подсоединение первого топливного картриджа и включение энергоустановки на основе микро-ТЭ с последующим отсоединением топливного картриджа, что составляет в общей сложности 10 подсоединений и отсоединений;

6) проводят проверку первого топливного картриджа и энергоустановки на основе микро-ТЭ на наличие утечек;

7) для состаривания компонентов, соединяющих энергоустановку на основе микро-ТЭ с топливным картриджем, выполняют подсоединение и отсоединение испытательного приспособления *в количестве, определяемом сценарием использования энергоустановки на основе микро-ТЭ, но не менее 98 раз.* Топливный картридж или испытательное приспособление проверяют на износ после каждой серии из 10 подсоединений и отсоединений. Если после 10 циклов на картридже или испытательном приспособлении наблюдаются признаки износа *(трещины, вмятины, бороздки, видимое изменение формы и размеров соприкасающихся поверхностей и иные признаки)*, способного нарушить работу соединения энергоустановки на основе микро-ТЭ, необходимо заменить топливный картридж или испытательное приспособление. Не допускается замена энергоустановки на основе микро-ТЭ;

8) проводится подготовка последнего неиспользованного картриджа к использованию в энергоустановке на основе микро-ТЭ;

9) выполняют еще девять раз подсоединение последнего неиспользованного топливного картриджа и включение энергоустановки на основе микро-ТЭ с последующим отсоединением топливного картриджа;

10) осуществляют конечное подсоединение последнего неиспользованного топливного картриджа к энергоустановке на основе микро-ТЭ и проводят проверку на наличие утечек при подсоединении;

11) включают энергоустановку на основе микро-ТЭ и оставляют ее в рабочем состоянии не менее 1 мин;

12) выключают энергоустановку на основе микро-ТЭ;

13) выполняют проверку на наличие утечек, а также проводят испытание на утечки и выбросы газов по *8.2.12*.

c) Критерии прохождения испытания:

- отсутствие признаков возгорания, открытого огня или взрыва на протяжении испытания;
- утечки и выбросы не должны превышать пределов, указанных в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

***8.2.12* Испытание на утечки и выбросы газообразных химических соединений**

8.2.12.1 Общее испытание на утечки и выбросы газообразных химических соединений

Данное испытание должно проводиться для всех энергоустановок на основе микро-ТЭ.

a) Испытываемый образец — энергоустановка на основе микро-ТЭ, заправленная топливом в соответствии со спецификациями производителя.

b) Порядок проведения испытания:

- выполняют действия в соответствии с указанной в *8.3.2* методикой проверки на наличие утечек и выбросов для энергоустановки на основе микро-ТЭ, работающей на номинальной мощности;
- фиксируют концентрации исследуемых химических соединений *(см. 8.3.3)*;
- измерения утечек/выбросов химических соединений проводят в течение определенного интервала времени *(выбирается производителем энергоустановки на основе микро-ТЭ)*, характеризующего нормальную работу при номинальной мощности энергоустановки на основе микро-ТЭ, и усредняют по этому интервалу. Для энергоустановок на основе микро-ТЭ, демонстрирующих стабильную работу, должно проводиться одно измерение, в противном случае измерения должны проводиться при включении, в процессе стабильной работы и в момент выключения.

Для измерений, проводимых при включении, во время стабильной работы и в момент выключения, концентрация внутри испытательной камеры должна определяться регулярно на протяжении всего испытания. Периодичность отбора проб должна быть достаточной для определения характеристик выбросов газа испытываемого образца на протяжении цикла работы топливного картриджа.

c) Критерии прохождения испытания:

- максимальная скорость утечки/выброса для каждого исследуемого химического соединения не должна превышать предельную скорость утечки/выброса, указанную в таблице *3*, или должна соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2;
- если устройство в нерабочем состоянии, скорость утечки газа не должна превышать предельное значение для нерабочих изделий согласно таблице *3*.

8.2.12.2 Испытание на утечки и выбросы газообразных химических соединений для устройств, используемых в непосредственной близости от рта или носа пользователя

Данное испытание требуется проводить только для энергоустановок на основе микро-ТЭ, используемых в непосредственной близости (10 см или менее) от рта или носа пользователя.

a) Испытываемый образец — энергоустановка на основе микро-ТЭ, заправленная топливом в соответствии со спецификациями производителя.

b) Порядок проведения испытания:

- выполняют действия согласно методике проверки на наличие утечек и выбросов, указанной в *8.3.9*, *в том числе* фиксируют концентрации исследуемых химических соединений;
- измерения утечек/выбросов проводят равномерно в течение определенного интервала времени *(выбирается производителем энергоустановки на основе микро-ТЭ)*, характеризующего нормальную работу при номинальной мощности энергоустановки на основе микро-ТЭ, и усредняют по этому временному интервалу. Для энергоустановок на основе микро-ТЭ, демонстрирующих стабильную работу, должно проводиться одно измерение, в противном случае измерения должны проводиться при включении, в процессе стабильной работы и в момент выключения.

Для измерений, проводимых при включении, во время стабильной работы и в момент выключения энергоустановки на основе микро-ТЭ, концентрация исследуемых химических соединений должна определяться регулярно на протяжении всего испытания. Периодичность отбора проб должна быть достаточной для определения характеристик утечек/выбросов газа испытываемого образца на протяжении всего его рабочего цикла (то есть на протяжении срока службы одного топливного картриджа, работающего с номинальной выходной мощностью). Например, каждые 15 мин в течение первого часа,

каждые 30 мин в течение следующих трех часов и каждый час после этого на протяжении расчетной продолжительности работы и каждые 15 мин в течение последнего часа ожидаемой работы.

c) Критерии прохождения испытания: максимальные скорость и концентрация утечки/выброса газа для каждого химического соединения не должны превышать предельные скорость и концентрацию, указанные в таблице *3*, или должны соответствовать эквивалентному уровню безопасности с учетом принципов, изложенных в 4.2.

8.3 Базовые методики обнаружения и измерения утечек и выбросов

8.3.1 Общие положения

В рамках отдельных типовых испытаний требуется проводить проверки на наличие утечек и определять параметры и состав утечек и выбросов для оценки соблюдения требований, установленных в 4.2.

В *8.3.2—8.3.9* с целью ознакомления и использования по мере необходимости, *в том числе* при разработке стандартов на энергоустановки на основе микро-ТЭ для отдельных типов топлив в рамках настоящей серии стандартов, приведено общее описание базовых методик:

- проведения концентрационных измерений;
- обнаружения и оценки утечек газообразного водорода из точечных источников;
- проверки на наличие утечек с помощью жидкостного течеискателя;
- проверки на наличие утечек путем погружения в воду;
- оценки утечек путем измерения потери массы испытываемых образцов;
- обнаружения утечек жидкостей на легкодоступных поверхностях изделия.

До введения в действие стандартов на энергоустановки на основе микро-ТЭ для отдельных типов топлив в рамках настоящей серии стандартов производитель энергоустановки на основе микро-ТЭ может самостоятельно выбрать подходящие из описанных далее методов обнаружения и оценки утечек и выбросов с учетом особенностей конструкции энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей, используемого топлива и проводимого испытания. При необходимости предложенные методы обнаружения и оценки утечек и выбросов могут быть скорректированы или заменены при условии обеспечения эквивалентной эффективности.

8.3.2 Методики проверки на наличие утечек

8.3.2.1 Методика проверки топливных картриджей на наличие утечек

Проверка топливных картриджей на наличие утечек проводится в следующем порядке:

1) проводится визуальный осмотр всех возможных мест утечки на предмет наличия утечек согласно требованиям стандарта на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, согласно требованиям производителя энергоустановки на основе микро-ТЭ*;

2) выполняются все необходимые дополнительные проверки на наличие утечек жидкостей и твердых веществ согласно требованиям стандарта на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, согласно требованиям производителя энергоустановки на основе микро-ТЭ*;

3) проводится проверка на наличие утечек газа.

8.3.2.2 Методика проверки энергоустановок на основе топливных микроэлементов на наличие утечек и выбросов

Проверка энергоустановки на основе микро-ТЭ на наличие утечек и недопустимых выбросов химических соединений проводится в следующем порядке:

1) проводится визуальный осмотр всех возможных источников утечки на предмет наличия утечек жидкостей и твердых веществ согласно требованиям стандарта на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, согласно требованиям производителя энергоустановки на основе микро-ТЭ*;

2) выполняются все необходимые дополнительные проверки на наличие утечек жидкостей и твердых веществ согласно требованиям стандарта на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, согласно требованиям производителя энергоустановки на основе микро-ТЭ*;

3) проводится проверка на наличие утечки газа для устройств в нерабочем состоянии («УСТРОЙСТВО ВЫКЛЮЧЕНО») согласно требованиям стандарта на энергоустановки на основе микро-ТЭ для

соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, согласно требованиям производителя энергоустановки на основе микро-ТЭ*;

4) энергоустановку на основе микро-ТЭ включают и оставляют работать (10,0 ± 0,5) мин, проводится проверка на наличие признаков возгорания или взрыва;

5) проводится проверка на наличие утечек и выбросов газа согласно применимой методике стандарта на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или, при отсутствии такого стандарта, согласно требованиям производителя энергоустановки на основе микро-ТЭ*. Проверка проводится при предварительном включении энергоустановки на основе микро-ТЭ («УСТРОЙСТВО ВКЛЮЧЕНО»), независимо от того, находится она в работоспособном состоянии или нет. Если устройство в нерабочем состоянии, скорость утечки газа не должна превышать предельное значение для нерабочих изделий.

8.3.3 **Методика проведения концентрационных измерений**

8.3.3.1 Общие положения

В настоящем пункте приведены общие рекомендации по проведению концентрационных измерений для оценки скорости утечек и выбросов химических соединений.

Приведенная методика измерений может быть скорректирована или заменена при условии, что по результатам верификации и валидации *(см. ГОСТ Р 58975)* будет продемонстрирована ее эквивалентная эффективность. Верификация и валидация методики должны быть проведены, чтобы продемонстрировать следующее:

a) воспроизводимость, повторяемость и достоверность результатов измерения концентрации химического соединения при предельной скорости утечки/выброса согласно таблице *3*, или эквивалентный уровень безопасности согласно принципам, изложенным в 4.2;

b) воспроизводимость, повторяемость и достоверность результатов измерения изменения скорости утечки/выброса газа в диапазоне от допустимого усредненного по времени значения до значения, не превышающего допустимую скорость переходного режима, при проведении контрольных измерений в случаях, когда могут происходить временные отклонения от усредненного по времени значения (например, при продувке энергоустановки на основе микро-ТЭ), из-за чего наряду с усредненным по времени пределом дополнительно устанавливается предел переходного процесса. В таких случаях продолжительность цикла отбора проб газа должна позволять убедиться в отсутствии превышения предельной скорости утечки/выброса газа для кратковременного воздействия.

Например, при проведении проверки на превышение скорости утечки газообразного водорода в переходном процессе измерительная аппаратура должна надежно определять, когда скорость утечки изменяется от значения, меньшего или равного 0,0032 г/ч (предельная скорость утечки водорода *для нерабочих устройств согласно таблице 3*), до значения, большего или равного 0,016 г/ч (предельная скорость утечки водорода в переходном процессе).

При проведении измерений необходимо учитывать следующие особенности:

- энергоустановки на основе микро-ТЭ выделяют водяной пар, способный при определенных условиях конденсироваться. Такая конденсация не считается утечкой, если конденсат не выпадает там, где представляет потенциальную опасность;
- к приборам, пригодным для измерения концентрации компонентов, относятся масс-спектрометры, газовые хроматографы или другие измерительные приборы, откалиброванные для измерения соответствующих концентраций исследуемых компонентов. Возможно также применение другого типа измерительного оборудования при условии, что его характеристики обеспечивают надежное обнаружение и измерение концентраций исследуемых компонентов в установленных пределах.;
- при необходимости следует проводить калибровочные измерения для учета фоновых концентраций газов (в том числе паров) в воздухе, используемом при проведении основных измерений.

8.3.3.2 Испытательное оборудование

Испытательное оборудование *(см. рисунок 4)* должно включать:

- испытываемый образец (топливный картридж, топливный картридж, бывший в употреблении, или энергоустановка на основе микро-ТЭ);
- закрытую испытательную камеру, при необходимости снабженную герметичными каналами для подсоединения электропитания, систем управления, датчиков и т. д.;
- средства для отбора проб для последующего измерения концентрации газа внутри камеры.

Испытательное оборудование может дополнительно включать:

- впускной канал для воздуха или инертного газа с регулируемым расходом;
- газоотводный канал;
- средства обеспечения быстрой конвекции (перемешивания) внутри испытательной камеры.

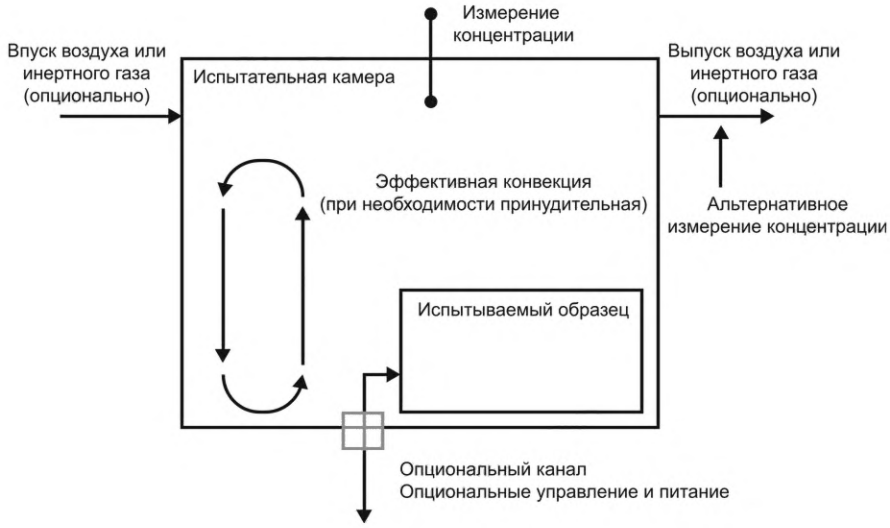


Рисунок *4* — Оборудование для проведения измерений выбросов газов

Размеры камеры (и скорость потока воздуха, если применимо) должны выбираться с учетом возможности обеспечить испытательный объем, достаточный для надежного обнаружения химических соединений при предельных значениях скоростей утечки/выброса, *и с учетом иных требований, определяемых производителем*. Для проведения концентрационных испытаний может быть использована полностью герметичная или проточная испытательная камера при условии равномерного распределения газов внутри нее по всему объему. Если равномерное перемешивание воздуха не может быть достигнуто при помощи естественной диффузии, то для его обеспечения следует использовать вентилятор или другое подходящее средство перемешивания.

Более низкие скорости потока воздуха и меньшие объемы камеры повышают разрешающую способность измерительного оборудования (если происходят утечки/выбросы газа, концентрации газа снижаются со временем в меньшей степени), однако необходимо следить за тем, чтобы объем камеры был достаточен для выполнения принципов, установленных в таблице *2*, а именно — непревышения 25 % НКПР для любого компонента внутри камеры в любой момент времени при проведении измерений.

8.3.3.3 Порядок проведения измерений

Измерения выполняются для работающей на номинальной мощности энергоустановки на основе микро-ТЭ, находящейся в испытательной камере, показанной на рисунке *4*, в следующем порядке:

- проводится измерение концентрации исследуемых химических соединений *(см. 5.2)*;
- сравнивается максимальная измеренная скорость утечки/выброса газа с предельной скоростью утечки/выброса соответствующего компонента. Если измеренная скорость утечки/выброса больше или равна предельной, энергоустановка на основе микро-ТЭ считается не прошедшей испытание, и дальнейшие испытания не проводятся;
- для энергоустановок на основе микро-ТЭ, в которых может присутствовать водород, если измеренная скорость утечки превышает 0,016 г/ч, но оказывается меньше предельной скорости утечки, приведенной в 5.2, необходимо провести оценку утечек водорода из точечного источника в соответствии с *8.3.4*.

Для проточной испытательной камеры скорость утечки/выброса исследуемых химических соединений рассчитывается путем умножения максимальной стабилизированной концентрации каждого компонента на мгновенный общий расход воздуха через испытательную камеру *[см. формулу (2)]*. Он определяется путем суммирования установившегося расхода воздушного насоса, способного прокачивать через систему воздушный поток с переменной скоростью, и мгновенного расхода пробы или путем измерения расхода воздуха на впуске.

Примечание — Общий расход воздуха, поступающего в камеру, равен сумме расходов воздуха, выходящего из камеры. Поэтому расход воздуха на впуске в камеру равен сумме расхода воздуха на выпуске из камеры и расхода в пробоотборном потоке. Оба значения отражают общий расход воздуха через камеру, и любое из них может быть использовано для расчета скорости утечки/выброса.

$$E_r = C_{air} \cdot R_{air}, \quad (2)$$

где E_r — скорость утечки/выброса газа из образца;
R_{air} — расход воздуха через камеру;
C_{air} — концентрация газа в пробе воздуха.

Для герметичной камеры скорость утечки/выброса газа должна рассчитываться на основе разности между последовательными измерениями концентрации с усреднением по времени между измерениями. В таком случае скорость утечки/выброса газа из образца E_r вычисляют по формуле

$$E_r = \frac{C_{n+1} - C_n}{t_{n+1} - t_n} \cdot V_c, \quad (3)$$

где V_c — свободный (газовый) объем испытательной камеры;
t_n — время, когда была взята предыдущая проба;
t_{n+1} — время, когда была взята текущая проба;
C_n — концентрация газа в момент времени t_n;
C_{n+1} — концентрация газа в момент времени t_{n+1}.

Для определения соответствия требованиям используется максимальная расчетная скорость утечки/выброса газа. Если устройство находится в нерабочем состоянии, скорость утечки газа не должна превышать предельное значение для нерабочих устройств.

Для измерения концентрации выброса при давлении ниже атмосферного приведенный порядок проведений измерений может применяться с использованием методики для герметичной камеры. После проведения испытания на воздействие пониженного давления давление внутри камеры должно быть восстановлено до атмосферного путем закачки воздуха или инертного газа известной чистоты. Затем следует дать атмосфере в камере стабилизироваться или обеспечить подходящее перемешивание, после чего взять образец воздуха для измерения концентрации в камере.

***8.3.4* Методики оценки утечек газообразного водорода из точечных источников**

8.3.4.1 Общие положения

В настоящем пункте приведены общие рекомендации по оценке скорости утечки водорода из точечных источников.

Методика оценки утечек *и испытательное оборудование* должны быть согласованы между производителем и испытательной лабораторией.

Верификация и валидация методики *(см. ГОСТ Р 58975)* должны продемонстрировать воспроизводимость, повторяемость и достоверность результатов измерения предельной скорости утечки газа из точечного источника, указанной для водорода в таблице *3*, или эквивалентный уровень безопасности в соответствии с принципами, изложенными в 4.2.

При проведении данной оценки необходимо учитывать следующие особенности:

- энергоустановки на основе микро-ТЭ выделяют водяной пар, способный при определенных условиях конденсироваться. Такая конденсация не считается утечкой, если конденсат не выпадает там, где представляет потенциальную опасность;
- при необходимости следует проводить калибровочные измерения для учета фоновых концентраций газов (в том числе паров) в воздухе, используемом при проведении основных измерений;
- в безопасном рабочем пространстве, таком как вытяжной шкаф, должны отсутствовать горючие вещества (кроме веществ в испытываемом изделии), при этом должны быть обеспечены экранирование и защита персонала или наличие эквивалентных средств, достаточных для защиты оператора в случае возникновения неконтролируемого горения. Рабочее пространство должно также обеспечивать соответствующий безопасной работе минимальный поток воздуха, обтекающий образец, и низкую от-

носительную влажность. Должны быть приняты меры по обеспечению соблюдения принципов безопасности согласно 4.2 в любом месте потенциальной утечки газа.

В *8.3.4.2* приведен пример инструментального метода определения концентрации утечки водорода из точечного источника. Возможно применение других методов оценки утечки газообразного водорода из точечного источника при условии, что метод верифицирован и валидирован.

8.3.4.2 Испытательное оборудование и порядок проведения оценки

Ниже приведен пример инструментального метода определения концентрации утечки водорода из точечного источника. Пригодность этого или любого другого метода оценки должна быть подтверждена производителем в процессе верификации и валидации согласно *8.3.4.1*.

В приведенном примере проведения оценки используются следующие средства измерений и испытательное оборудование:

- испытываемое устройство (энергоустановка на основе микро-ТЭ, заправленная топливом в соответствии со спецификациями производителя, топливный картридж или топливный картридж, бывший в употреблении, если применимо);

- детектор точечных источников утечки газообразного водорода, способный обнаружить опасную утечку газообразного водорода, — в качестве такого детектора может использоваться масс-спектрометр, детектор водорода или любые другие приборы, пригодные для измерения концентрации небольших количеств газообразного водорода из точечных источников утечки. Детектор должен быть настроен на обнаружение концентрации водорода, составляющей 25 % от НКПР. Важно, чтобы скорость перемещения датчика детектора была достаточно медленной для точного измерения концентрации водорода.

Измерение должно проводиться в помещении без существенного движения воздушной массы. Измеренная скорость воздушных потоков на высоте 10 см над энергоустановкой на основе микро-ТЭ не должна превышать 0,02 м/с.

Чтобы провести поиск утечки газа из точечного источника:

a) следует систематически обследовать всю поверхность испытываемого изделия детектором точечных источников утечки газообразного водорода;

b) датчик детектора должен располагаться на расстоянии не более 3 мм от поверхности испытываемого изделия. Последовательные линейные перемещения детектора вдоль поверхностей испытываемого изделия не должны находиться на расстоянии более 8 мм друг от друга;

c) эффективным методом выполнения такого обследования является прикрепление датчика к держателю, обеспечивающему постоянное расстояние 3 мм относительно испытываемого изделия. Для маркировки областей проверки и обеспечения расстояния не более 8 мм между траекториями перемещения можно использовать ручку или другой разметочный инструмент, прикрепленный к держателю;

d) датчик должен быть всегда направлен непосредственно вниз, при этом испытываемый образец располагается под ним таким образом, чтобы поверхность непосредственно под датчиком всегда оставалась горизонтальной.

Если не обнаружено точек, в которых концентрация водорода превышает 25 % от НКПР, испытания завершают, и изделие считается прошедшим испытание.

Если при первичном обследовании по линейным траекториям некоторые точки замера обнаруживают большую область с концентрацией 25 % НКПР или выше, с помощью зафиксированных значений концентрации возможно определить начальную точку для вторичных обследований по спиральным траекториям. Предполагается, что точечные источники утечки находятся там, где существуют локальные максимальные значения в распределении измеренных значений концентрации.

Если в каких-либо точках замера обнаруживается концентрация водорода, равная 25 % НКПР или выше, проводится вторичное обследование с целью проверки на наличие точечного источника утечки, для которого концентрация выбросов водорода достигает 25 % НКПР или более высоких значений. Оно проводится следующим образом:

a) датчик располагают на высоте *6—7* мм над испытываемым образцом;

b) в ходе обследования датчик перемещают по спиральной траектории с началом в точке обнаружения 25 % НКПР или более высоких значений концентрации водорода во время первоначального линейного обследования. Интервал между витками спирали не должен превышать 1 мм при радиальном расстоянии не менее 4 мм, достаточном для обнаружения максимальной концентрации водорода из точечного источника утечки.

Если в процессе обследования по спиральной траектории на высоте *6—7* мм над испытываемым изделием максимальная обнаруженная концентрация газообразного водорода достигает 25 % от НКПР или более высоких значений, изделие считается не прошедшим испытание. Если в процессе обследо-

вания по спиральной траектории не обнаруживается точек с концентрацией водорода, равной 25 % от НКПР или выше, изделие считается выдержавшим испытание.

Примечание — Вышеприведенный пример проведения измерений разработан на основе результатов определенного набора испытаний по обнаружению утечек водорода со скоростью 0,016 г/ч через круглое отверстие диаметром 0,5 мм в горизонтально ориентированной плоской пластине с гладкой поверхностью. Иные условия утечки газа из точечного источника, отличающиеся геометрией или ориентацией отверстий, контуров или отделкой поверхностей, могут привести к недостоверным результатам.

8.3.5 **Методика проверки на наличие утечек жидким течеискателем**

a) Обнаружение утечек газов должно проводиться с использованием раствора жидкого течеискателя (образующего пузырьки) или иными эквивалентными способами, такими как погружение в воду, для всех возможных мест утечки на испытуемом образце.

b) При обнаружении пузырьков должна быть проведена оценка утечек водорода из точечного источника согласно *8.3.4* или эквивалентные проверки, подтверждающие отсутствие утечек опасных веществ в окружающую среду.

c) Если оценка утечек водорода из точечного источника проведена, то через час после ее завершения выполняется проверка на наличие утечек жидким течеискателем в соответствии с перечислением a). При обнаружении пузырьков, вызванных утечкой (опасного) газа, образец считается не выдержавшим испытания.

8.3.6 **Методика проверки на наличие утечек погружением в воду**

8.3.6.1 Общие положения

a) Для картриджей, содержащих вступающее в реакцию с водой твердое топливо, должна быть проведена проверка на наличие утечек погружением в воду путем полного погружения картриджа с твердым топливом в воду той же температуры, что и температура воздуха в испытательном помещении, не менее чем на один метр на 30 мин.

b) При обнаружении пузырьков должна быть проведена оценка утечек газообразного водорода из точечного источника согласно *8.3.4* или эквивалентная проверка, подтверждающая отсутствие утечек опасных веществ в окружающую среду.

c) Если проверка на наличие утечек газообразного водорода из точечного источника проведена, то через час после ее завершения выполняется повторная проверка погружением в воду в соответствии с перечислением a). При обнаружении пузырьков, вызванных утечкой, топливный картридж считается не выдержавшим испытания.

8.3.6.2 Методика проверки на наличие утечек погружением в воду при повышенной температуре

Топливные картриджи, проверяемые погружением в воду, должны быть герметичными. Температура воды и продолжительность проверки должны быть достаточными, чтобы внутреннее давление в картридже достигло значения, соответствующего температуре 55 °C внутри картриджа. В случае возникновения утечек или необратимых деформаций, за исключением деформирования пластмассового картриджа в результате размягчения без утечек, топливный картридж считается не выдержавшим проверку.

8.3.7 **Методики измерения потери массы, обусловленной утечками**

8.3.7.1 Стандартная методика измерения потери массы, обусловленной утечками

Измерение потери массы испытываемого образца (энергоустановки на основе микро-ТЭ, топливного картриджа) из-за утечек в общем случае проводится в следующем порядке:

a) перед проведением типового испытания измеряются начальная масса образца M_0 и начальное время t_0;

b) в течение 10 мин после завершения типового испытания проводится визуальный осмотр на наличие утечек опасных жидкостей на легкодоступных поверхностях изделия по 8.3.8;

c) в течение 20 мин после завершения типового испытания измеряются и фиксируются значения массы M_1 и времени t_1;

d) рассчитывается потеря массы, г/мин, по формуле

$$\text{Потеря массы} = \frac{M_1 - M_0}{t_1 - t_0}; \qquad (4)$$

e) образец выдерживают (120 ± 10) мин после t_1 при температуре (22 ± 5) °C, затем проводится визуальный осмотр на наличие доступных опасных жидкостей по 8.3.8. Измеряются и фиксируются значения массы M_2 и времени t_2;

f) рассчитывается потеря массы, г/мин, по формуле

$$\text{Потеря массы} = \frac{M_2 - M_1}{t_2 - t_1}. \quad (5)$$

Примечания

1 Для энергоустановки на основе микро-ТЭ, не оснащенной отсечным клапаном топлива, возможна потеря массы, превышающая предельные выбросы газа, без утечки топлива в окружающую среду. Такая ситуация возникает вследствие взаимного проникновения газов (кроссовера), образующего испаряющуюся воду. Кроссовер может быть компенсирован с помощью соответствующих методов. Например, измерения можно проводить в камере влажности, чтобы избежать потери массы из-за испарения воды.

2 При необходимости в измерения можно включить пустой картридж и затем использовать его для нормализации изменений массы картриджа вследствие поглощения или потери воды.

8.3.7.2 Альтернативные методики измерения потери массы, обусловленной утечками

Для испытаний большой продолжительности могут потребоваться альтернативные методики измерения потери массы, когда одного измерения потери массы после типового испытания недостаточно для определения соответствия критериям прохождения испытания. В подобных случаях измерения потери массы могут регистрироваться периодически или непрерывно в течение всего типового испытания с частотой, достаточной для точной оценки соответствия.

8.3.8 **Методы обнаружения утечек опасных жидкостей на легкодоступных поверхностях изделия**

Контроль на наличие утечек осуществляется визуально. Любые капли опасной жидкости на внешней поверхности испытываемого образца являются признаками утечки.

Для испытываемых образцов, содержащих опасные жидкости, все доступные наружные поверхности должны быть протерты индикаторной бумагой, чтобы проверить на наличие утечки все возможные места утечки. Кроме того, необходимо повернуть топливный картридж таким образом, чтобы топливное отверстие оказалось направленным вниз к индикаторной бумаге, и осуществить поиск признаков утечки. При обнаружении опасной жидкости на легкодоступных поверхностях испытание считается непройденным.

Для облегчения визуальной проверки на наличие утечек для испытываемых изделий, содержащих вещества класса 8 по классификации ООН (коррозионные), в качестве индикаторной бумаги должна использоваться лакмусовая бумага. Любое обнаружение вещества с pH ниже 3,5 или выше 10,5 является признаком утечки.

8.3.9 **Методика оценки утечек и выбросов химических соединений для устройств, используемых в непосредственной близости от рта или носа пользователя**

8.3.9.1 Общие положения

В подразделе 8.3.9 представлены общие рекомендации по применению результатов измерений концентрации для оценки скорости утечек и выбросов газов из работающей в номинальном режиме энергоустановки на основе микро-ТЭ, предназначенной для использования в непосредственной близости (10 см или менее) от рта или носа пользователя.

Приведенная методика может быть скорректирована или заменена при условии, что по результатам верификации и валидации *(см. ГОСТ Р 58975)* будет продемонстрирована ее эквивалентная эффективность. Необходимо провести верификацию и валидацию методики, чтобы продемонстрировать следующее:

a) воспроизводимость, повторяемость и достоверность результатов измерения концентрации компонента при предельной скорости утечки/выброса согласно таблице *3* или эквивалентный уровень безопасности согласно принципам, изложенным в 4.2. Если конкретный компонент не включен в таблицу *3*, предельное значение должно быть установлено в стандарте на энергоустановки на основе микро-ТЭ для соответствующего вида топлива в рамках настоящей серии стандартов *или определено производителем энергоустановки на основе микро-ТЭ* в соответствии с принципами, изложенными в 4.2;

b) воспроизводимость, повторяемость и достоверность результатов измерения в течение 1 мин переменной скорости утечки/выброса газа в диапазоне от предельного значения для усредненного по

времени воздействия до значения, не более чем на 10 % превышающего предельную скорость утечки/выброса в переходном режиме, если предельная скорость выброса для переходного режима установлена.

При проведении данной проверки необходимо учитывать следующие особенности:

- энергоустановки на основе микро-ТЭ выделяют водяной пар, способный при определенных условиях конденсироваться. Такая конденсация не считается утечкой, если конденсат не выпадает там, где представляет потенциальную опасность;
- к приборам, пригодным для измерения концентрации компонентов, относятся масс-спектрометры, газовые хроматографы или другие приборы, пригодные для измерения соответствующих концентраций исследуемых компонентов. Например, концентрация газов CO и CO_2 может быть измерена с помощью анализатора недисперсионного инфракрасного поглощения. Такие аналитические приборы должны быть подобраны с учетом применимых требований *ГОСТ ISO 16000-3*, *ГОСТ ISO 16000-6* и *ГОСТ Р ИСО 16017-1*;
- при необходимости следует проводить калибровочные измерения для учета фоновых концентраций газов (в том числе паров) в воздухе, используемом при проведении основных измерений.

8.3.9.2 Испытательное оборудование

Измерения должны проводиться в большом открытом помещении с использованием испытательного оборудования, предназначенного для измерения концентрации выбросов газа, как показано на рисунке *5*. При проведении оценки конец пробоотборной трубки должен располагаться на разделительном расстоянии от энергоустановки на основе микро-ТЭ, соответствующем расчетному расстоянию между ртом или носом пользователя и границей зоны дыхания пользователя (расстояние от энергоустановки на основе микро-ТЭ до рта или носа пользователя при непосредственном использовании 10 см или менее), для проверки на соответствие требованиям к предельной концентрации выбросов газа.

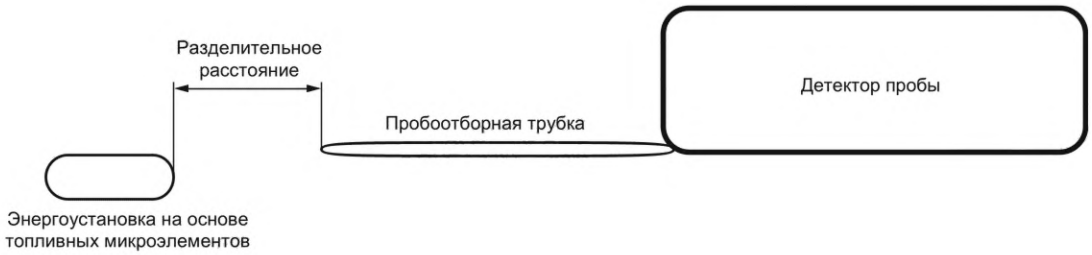


Рисунок 5 — Схема измерения предельной концентрации выбросов газа для рабочих устройств

Возможны утечки/выбросы одного или нескольких компонентов химических соединений, указанных в таблице *3*, а также других опасных химических соединений, которые потенциально могут выделяться энергоустановкой на основе микро-ТЭ.

8.3.9.3 Порядок проведения оценки

Оценка утечек/выбросов химических соединений из энергоустановки на основе микро-ТЭ должна проводиться в помещении объемом от 5 до 25 $м^3$. Кратность воздухообмена в помещении должна находиться в диапазоне от 0,5 до 1 $ч^{-1}$. Для поддержания стабильного состояния воздуха по периметру испытательного оборудования может быть использован воздушный экран. Оценивание проводится с целью приблизительного определения и измерения ожидаемых концентраций химических соединений вблизи рта или носа пользователя в неподвижном воздухе. Перед началом измерений необходимо отобрать пробы воздуха в помещении, чтобы обеспечить требуемую точность и избежать ложных несоответствующих результатов. Материалы, присутствующие в помещении или системе отбора проб, не должны выделять газы (т. е. загрязняющие вещества) во время измерений. Во избежание получения ложных несоответствующих результатов рекомендуется провести предварительную проверку испытательной системы на наличие загрязнений в отсутствие энергоустановки на основе микро-ТЭ.

Концентрации утечек/выбросов химических соединений из энергоустановки на основе микро-ТЭ должны определяться согласно схеме, показанной на рисунке *5*. При проведении измерений конец пробоотборной трубки должен располагаться на разделительном расстоянии от энергоустановки на основе микро-ТЭ, соответствующем расчетному расстоянию между ртом или носом пользователя и границей зоны дыхания пользователя (см. *8.3.9.2*).

Если иное не согласовано между производителем и испытательной лабораторией, внутренний диаметр пробоотборной трубки должен составлять (12 ± 1) мм.

Расход в пробоотборном потоке при измерении концентрации выброса газа в непосредственной близости от испытательного образца должен постоянно оставаться равным 15 л/мин непрерывно, что соответствует интенсивности дыхания взрослого человека.

Приложение А
(справочное)

Предпосылки и обоснование типовых испытаний

Таблица А.1 — Цель испытаний

Структурный элемент настоящего стандарта	Испытание	Цель
8.2.1	Испытания давлением:	—
8.2.1.2	*Испытание топливного картриджа на повышенное внутреннее давление* при ΔP, равном100 кПа (или при 2 P при 55 °С)	Проверка топливного картриджа на целостность конструкции и отсутствие утечек под воздействием повышенного внутреннего давления
8.2.1.3	*Испытание энергоустановки на основе микро-ТЭ на повышенное внутреннее давление* при 2 P при 55 °С (или при двукратном максимальном давлении подачи топлива из топливного картриджа)	Проверка находящихся под давлением компонентов энергоустановки на основе микро-ТЭ на целостность конструкции
8.2.1.4	*Испытание энергоустановки на основе микро-ТЭ при абсолютном внешнем давлении* 68 кПа в течение 6 ч	Моделирование перевозки в грузовом отсеке коммерческого самолета на протяжении средней продолжительности полета. В грузовых отсеках поддерживается давление 68 кПа. Продолжительность полета в среднем равна 6 ч. Данное испытание проводится последовательно с испытаниями на вибрацию и на циклическое изменение температуры, чтобы смоделировать все последствия транспортирования энергоустановки на основе микро-ТЭ. Для энергоустановок на основе микро-ТЭ, требующих разборки для проведения испытаний на наличие утечек (например, для проверки внутренних емкостей, содержащих водород под давлением выше атмосферного и подлежащих испытанию пузырьковым методом), испытания на наличие утечек могут проводиться после завершения всех трех испытаний, а не после каждого из них
8.2.1.5	*Испытание энергоустановки на основе микро-ТЭ при абсолютном внешнем давлении* 11 кПа в течение 1 ч	Моделирование разгерметизации салона самолета. В данном испытании используется то же давление, что и в испытании Т.1, приведенном в Руководстве ООН по испытаниям и критериям *(см. [3])*: имитация высотных условий для литий-ионных батарей, выдерживаемых под давлением не выше 11,6 кПа на протяжении не менее шести часов при температуре окружающей среды, имитирующей перевозку воздушным транспортом в условиях пониженного давления
8.2.2	Вибрационное испытание	Моделирование воздействия вибраций, ожидаемых во время транспортирования. Используется стандартный вибрационный спектр, обычно наблюдаемый при транспортировании. Для энергоустановки на основе микро-ТЭ данное испытание проводится последовательно с испытаниями на низкое внешнее давление 11,6 кПа и на циклическое изменение температуры, для топливных картриджей — последовательно с испытанием на циклическое изменение температуры. Испытание соответствует испытанию Т.3 в Руководстве ООН по испытаниям и критериям *(см. [3])*: вибрационное испытание, для литий-ионных батарей

Продолжение таблицы А.1

Структурный элемент настоящего стандарта	Испытание	Цель
8.2.3	Испытание на циклическое изменение температуры (от –40 °С до +55 °С, выдержка 1 ч для каждого температурного уровня, два полных цикла нагрева и охлаждения)	Моделирование воздействия температур, ожидаемых во время транспортирования. Для энергоустановки на основе микро-ТЭ данное испытание проводится последовательно с испытаниями на низкое внешнее давление и вибрационным испытанием, для топливных картриджей — последовательно с вибрационным испытанием. Примечание — Для эквивалентного испытания литиевой батареи (Т.2) (см. [*3*]) требуется выдержка 6 ч при (72 ± 2) °С, затем 6 ч при минус (40 ± 2) °С, что повторяется 10 раз
8.2.4	Испытание на воздействие повышенных температур (+70 °С, 4 ч)	Моделирование последствий для картриджа, оставленного в условиях повышенной температуры, например на приборной панели автомобиля
8.2.5	Испытание падением (1,2 м для энергоустановки на основе микро-ТЭ, 1,5 м для топливных картриджей объемом более 200 мл, 1,8 м для топливных картриджей объемом менее 200 мл)	Моделирование последствий падения топливного картриджа или энергоустановки на основе микро-ТЭ. Высота 1,2 м соответствует высоте обычного стола, а испытание падением с 1,8 м выбрано по запросу транспортных регулирующих органов, чтобы имитировать падение топливного картриджа из багажной полки самолета. Поскольку перевозка картриджей объемом более 200 мл в пассажирском салоне самолета не допускается (см. [*3*]), для картриджей большего объема допускается использовать меньшую высоту падения при испытаниях
8.2.6	Испытание на сжатие	Моделирование воздействия сил, возникающих при размещении тяжести поверх топливного картриджа или энергоустановки на основе микро-ТЭ. Требования к топливным картриджам основаны на сценарии, в котором взрослый мужчина наступает на картридж. Требования к энергоустановке на основе микро-ТЭ менее жесткие, поскольку вероятность того, что она будет оставлена на полу и на нее наступят, ниже
8.2.7	Испытание на внешнее короткое замыкание	Моделирование воздействия внешнего короткого замыкания
8.2.8	Температурное испытание поверхностей и выпускных газов	Подтверждение, что температура поверхностей работающей энергоустановки на основе микро-ТЭ не превышает установленные пределы
8.2.9	Испытание на длительное хранение (50 °С)	Моделирование последствий длительного хранения при повышенных температурах, например хранения топливных картриджей на складе
8.2.10	Испытание на подсоединение/отсоединение при повышенной температуре	Моделирование последствий подсоединения топливного картриджа к энергоустановке на основе микро-ТЭ или к клапану энергоустановки на основе микро-ТЭ при повышенной температуре и отсоединения от них (например, подсоединения топливного картриджа, нагревшегося на приборной панели автомобиля, к энергоустановке на основе микро-ТЭ комнатной температуры)
8.2.11	Испытание на циклическое подсоединение	Моделирование последствий подсоединения топливного картриджа к энергоустановке на основе микро-ТЭ и отсоединения от нее. Предполагается, что к энергоустановке на основе микро-ТЭ будут многократно подключаться топливные картриджи

Окончание таблицы А.1

Структурный элемент настоящего стандарта	Испытание	Цель
8.2.12	Испытание на наличие утечек и выбросов	Подтверждение отсутствия опасных утечек и выбросов из работающей энергоустановки на основе микро-ТЭ. Данное испытание также применяется для проверки на наличие утечек и выбросов после каждого типового испытания, чтобы убедиться в соответствии энергоустановки на основе микро-ТЭ и топливных картриджей ограничениям на утечки/выбросы газа для рабочих и нерабочих устройств

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочных национального, межгосударственного стандартов	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 12020—2018 (ISO 175:2010)	MOD	ISO 175:2010 «Пластмассы. Методы определения влияния погружения в жидкие химикаты»
ГОСТ ISO 188—2013	IDT	ISO 188:2011 «Каучук вулканизованный или термопластичный. Испытания на ускоренное старение и теплостойкость»
ГОСТ ISO 1817—2016	IDT	ISO 1817:2015 «Резина, вулканизованная или термопластик. Определение воздействия жидкостей»
ГОСТ ISO 11114-4:2017	IDT	ISO 11114-4:2017 «Баллоны газовые переносные. Совместимость материалов, из которых изготовлены баллоны и клапаны, с содержимым газом. Часть 4. Методы испытания для выбора сталей, устойчивых к водородному охрупчиванию»
ГОСТ ISO 16000-3:2016	IDT	ISO 16000-3:2011 «Воздух замкнутых помещений. Часть 3. Определение содержания формальдегида и других карбонильных соединений в воздухе замкнутых помещений и в воздухе испытательной камеры. Метод активного отбора проб»
ГОСТ ISO 16000-6:2016	IDT	ISO 16000-6:2011 «Воздух замкнутых помещений. Часть 6. Определение содержания летучих органических соединений в воздухе испытательной камеры в помещении при активном отборе проб на сорбенте методом термодесорбции и газовой хроматографии с применением MS/FID»
ГОСТ Р ИСО 16017-1—2007	IDT	ISO 16017-1:2000 «Воздух внутри помещений, окружающий воздух и воздух на рабочем месте. Отбор проб и анализ летучих органических соединений с помощью трубок с сорбентом/термодесорбции/капиллярной газовой хроматографии. Часть 1. Отбор проб с помощью насоса»
ГОСТ Р МЭК 60086-4—2021	IDT	IEC 60086-4:2019 «Батареи первичные. Часть 4. Безопасность литиевых батарей»
ГОСТ Р МЭК 60086-5—2023	IDT	IEC 60086-5:2021 «Батареи первичные. Часть 5. Безопасность батарей с водным электролитом»
ГОСТ Р МЭК 61032—2000	IDT	IEC 61032:1997 «Защита людей и оборудования, обеспечиваемая оболочками. Щупы испытательные»
ГОСТ Р МЭК 62133-1—2019	IDT	IEC 62133-1:2017 «Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Требования безопасности для портативных герметичных аккумуляторов и батарей из них при портативном применении. Часть 1. Системы на основе никеля»

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочных национального, межгосударственного стандартов	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р МЭК 62133-2—2019	IDT	IEC 62133-2:2017 «Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной или другие некислотные электролиты. Требования безопасности для герметичных аккумуляторов и батарей из них при портативном применении. Часть 2. Системы на основе лития»
ГОСТ Р МЭК 62281—2020	IDT	IEC 62281:2019 «Безопасность первичных и вторичных литиевых элементов и батарей при транспортировании»
Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты; - MOD — модифицированные стандарты.		

Приложение ДБ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного международного стандарта

Таблица ДБ.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта МЭК 62282-6-101:2024		
Разделы	Подразделы	Пункты (подпункты)	Разделы	Подразделы	Пункты (подпункты)
1	—	—	1	1.1—1.3	—
3	3.1	3.1.2—3.1.7, 3.1.9—3.1.18, 3.1.20—3.1.26, 3.1.28—3.1.30	3	3.1—3.10, 3.13, 3.15—3.17, 3.19—3.21, 3.23—3.24, 3.26, 3.28—3.33	—
	3.2	—	—	—	—
4	4.5	—	4	4.5	4.5.3
	4.6	4.6.1			4.5.1
		4.6.2			4.5.2
		4.6.3			4.5.4
	4.7—4.8	—		4.6—4.7	—
5	5.4	5.4.1 (5.4.1.1, 5.4.1.2)	5	5.4	5.4.1 (5.4.1.1, 5.4.1.3)
		5.4.4			5.4.4 (5.4.4.1, 5.4.4.2)
	5.5	5.5.1, 5.5.2		5.5	5.5.2, 5.5.6
	5.6	5.6.1—5.6.4			5.5.1, 5.5.3—5.5.5
	5.7—5.9	—		5.6—5.8	—
8	8.1	—	8	8.1	—
			3	3.18	—
	8.2	8.2.1 (8.2.1.1—8.2.1.3)	8	8.3	8.3.1 (8.3.1.1—8.3.1.3)
		8.2.1 (8.2.1.4—8.2.1.5)			8.3.1 (8.3.1.4.1, 8.3.1.4.2)
		8.2.2—8.2.10			8.3.2—8.3.10
		8.2.11 (8.2.11.1)			8.3.11 (8.3.11.1)

Окончание таблицы ДБ.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта МЭК 62282-6-101:2024		
Разделы	Подразделы	Пункты (подпункты)	Разделы	Подразделы	Пункты (подпункты)
		8.2.11 (8.2.11.2, 8.2.11.3)			8.3.11 (8.3.11.2.1, 8.3.11.2.2)
		8.2.11 (8.2.11.4)			8.3.11 (8.3.11.3)
		8.2.12			8.3.12
	8.3	8.3.1		8.2	8.2.1
		8.3.2 (8.3.2.1, 8.3.2.2)			8.2.2 (8.2.2.2, 8.2.2.3)
		8.3.3 (8.3.3.1)			8.2.3 (8.2.3.1, 8.2.3.2)
		8.3.3 (8.3.3.2, 8.3.3.3)			8.2.3 (8.2.3.3, 8.2.3.4)
		8.3.4 (8.3.4.1)			8.2.4 (8.2.4.1, 8.2.4.2)
		8.3.4 (8.3.4.2)			8.2.4 (8.2.4.3)
		8.3.5—8.3.8			8.2.5—8.2.8
		8.3.9 (8.3.9.1)			8.2.9 (8.2.9.1, 8.2.9.2)
		8.3.9 (8.3.9.2, 8.3.9.3)			8.2.9 (8.2.9.3, 8.2.9.4)
Приложение ДА	—	—	—	—	—
Приложение ДБ	—	—	—	—	—

Примечания

1 Разделы (подразделы, пункты, подпункты) 2, 4.1—4.4, 5.1—5.4.1.1, 5.4.2—5.4.3, 6, 7, приложение А и элемент «Библиография» в таблице не приведены, поскольку их структуры сохранены без изменений.

2 Исключены следующие элементы примененного международного стандарта: 1.1 перечисления b), 1.2 перечисления b), 3.22, 5.4.1.2, 7.4 перечисления b), 8.3.1—8.3.12 перечисления b), 8.2.2.1 — как дублирующие или неинформативные положения, таблица 1 — в связи с отсутствием национальных аналогов ссылочных документов, 3.11, 3.12, 3.14, 3.25, 3.27 — в связи с необходимостью учета терминологии, стандартизированной на национальном уровне.

Библиография

[1] *МЭК 62282-6-106:2024* *Технологии топливных элементов. Часть 6-106. Энергоустановки на основе топливных микроэлементов. Безопасность. Соединения класса 8 (коррозионные) непрямого действия (Fuel cell technologies — Part 6-106: Micro fuel cell power systems — Safety — Indirect Class 8 (corrosive) compounds)*

[2] *МЭК 62282-6-107:2024* *Технологии топливных элементов. Часть 6-107. Энергоустановки на основе топливных микроэлементов. Соединения, реагирующие с водой (раздел 4.3) непрямого действия (Fuel cell technologies — Part 6-107: Micro fuel cell power systems — Safety — Indirect water-reactive (Division 4.3) compounds)*

[3] *Рекомендации по перевозке опасных грузов Организации Объединенных Наций: Типовые правила, двадцать третье пересмотренное издание, Руководство по испытаниям и критериям: восьмое пересмотренное издание с дополнением 1, доступно на https://unece.org/transport/dangerous-goods/rev8-files (дата обращения: 24.11.2025)*
(United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: Model Regulations Twenty-fourth revised edition, Manual of Tests and Criteria: Eighth revised edition and Amendment 1, available at https://unece.org/transport/dangerous-goods/rev8-files (viewed 2025-11-24))

[4] *Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»*

[5] *Правила противопожарного режима в Российской Федерации (утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479)*

[6] Технические инструкции Международной Организации Гражданской Авиации по безопасному транспортированию опасных грузов воздушным путем, доступно на https://store.icao.int/en/technical-instructions-for-the-safe-transport-of-dangerous-goods-by-air-doc-9284 (дата обращения: 2025-11-24)
(International Civil Aviation Organization's Technical Instructions, available at https://store.icao.int/en/technical-instructions-for-the-safe-transport-of-dangerous-goods-by-air-doc-9284 [viewed 2025-11-24])

[7] ИСО 11114-2:2021 *Баллоны газовые. Совместимость материалов, из которых изготовлены баллоны и клапаны, с содержимым газом. Часть 2. Неметаллические материалы (Gas cylinders Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents — Part 2: Non-metallic materials)*

[8] *МЭК 60730-1:2022* *Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 1. Общие требования (Automatic electrical controls — Part 1: General requirements)*

[9] *МЭК 62282-6-300:2012* *Технологии производства топливных батарей. Часть 6-300. Системы питания от топливных микробатарей. Взаимозаменяемость топливных картриджей*

УДК 54.08:006.354 ОКС 27.070

Ключевые слова: топливные элементы, топливные микроэлементы, энергоустановка на основе топливных элементов, энергоустановка на основе топливных микроэлементов, источник питания на основе топливных микроэлементов, электрохимический генератор на основе топливных элементов, топливный картридж, безопасность, испытания

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Л.С. Лысенко*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 22.12.2025. Подписано в печать 02.02.2026. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,53.

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.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru