ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56188.3.100— 2023 (МЭК 62282-3-100: 2019)

ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Часть 3-100

Стационарные энергоустановки на основе топливных элементов. Безопасность

(IEC 62282-3-100:2019, Fuel cell technologies — Part 3-100: Stationary fuel cell power systems — Safety, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным бюджетным учреждением науки «Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук» (ФГБУ «ИНХС РАН»), Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

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 22 марта 2023 г. № 160-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту МЭК 62282-3-100:2019 «Технологии топливных элементов. Часть 3-100. Стационарные энергосистемы на топливных элементах. Безопасность» (IEC 62282-3-100:2019 «Fuel cell technologies — Part 3-100: Stationary fuel cells power systems — Safety») путем изменений, выделенных в тексте курсивом:

- замены ссылочных стандартов на национальные и межгосударственные стандарты;
- переноса стандартов ISO 3864-2, ISO 5388, ISO 10439-1, ISO 10439-2, ISO 10439-3, ISO 10439-4, ISO 10440-1, ISO 10440-2, ISO 10442, ISO 13850, ISO 14847, ISO 15649, ISO 23553-1 из нормативных ссылок в библиографию;
- переноса стандарта ГОСТ Р 27.303 (МЭК 60812:2018) из библиографии в нормативные ссылки;
- согласования термина «горючие материалы» с ГОСТ 12.1.044—89, пункт 2.1.2;
- согласования терминов «электромагнитные помехи ЭМП», «электромагнитное воздействие ЭМВ», «топливный элемент», «энергетическая установка (энергоустановка) на основе топливных элементов», «коллектор», «риформер», «холодное состояние», «рабочее состояние», «пассивное состояние», «предгенерационное состояние», «стационарное состояние», «состояние хранения» со стандартом ГОСТ Р 56188.1—2023 «Технологии топливных элементов. Часть 1. Терминология» путем внесения значительных или незначительных изменений в перевод этих терминов, а также удалением ссылки на IEC TS 62282-1:2013 из текста стандарта и библиографии;
- замены кельвинов на градусы Цельсия в таблице 1;
- добавления в 4.6.1 е) 5) фразы «Указанное требование обеспечивают путем применения одного или нескольких способов согласно ГОСТ 31610.0—2019, пункт 7.4.2»;
- добавления в нормативные ссылки: ГОСТ 31610.0—2019, ГОСТ Р МЭК 60050-426—2011, ГОСТ 12.1.044—89, ГОСТ 31610.20-1—2020.

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

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

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р МЭК 62282-3-100—2014

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

© IEC, 2019
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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 2
3 Термины и определения 4
4 Требования безопасности и меры защиты 8
5 Типовые испытания 28
6 Регулярные испытания 48
7 Маркировка и упаковка 49
Приложение А (справочное) Значительные опасности, опасные ситуации, события, рассматриваемые в настоящем стандарте 56
Приложение В (справочное) Науглероживание и совместимость материалов для водородных систем 58
Приложение С (обязательное) Нормативные пункты для малых энергоустановок на основе топливных элементов с номинальной электрической мощностью менее 10 кВт и максимальным давлением в каналах подвода топлива и окислителя 0,1 МПа 62
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных и межгосударственных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 63
Библиография 67

Введение

Типовая стационарная энергоустановка на основе топливных элементов показана на рисунке 1.



Рисунок 1 — Типовая стационарная энергосистема, основанная на топливных элементах

Типовая конструкция энергоустановки, предусмотренная в этом стандарте, представляет собой сборку следующих интегрированных систем:

- подготовки топлива — система химического и/или физического технологического оборудования, оснащенная теплообменниками и средствами управления, которые необходимы для подготовки и, при необходимости, повышения давления топлива для использования в энергоустановке на основе топливных элементов;
- подготовки окислителя — система, которая дозирует, обрабатывает, а также при необходимости обеспечивает повышение давления окислителя для использования в энергоустановке на основе топливных элементов;
- терморегулирования — система, обеспечивающая нагрев или охлаждение и отвод тепла для поддержания работы энергоустановки на основе топливных элементов в диапазоне рабочих температур, а также обеспечивающая рекуперацию избыточного тепла;
- подготовки воды — система, которая обеспечивает необходимую очистку находящейся внутри технологического цикла или подводимой воды для использования в энергоустановке на основе топливных элементов;
- преобразования энергии — оборудование, используемое для преобразования электрической энергии, вырабатываемой батареей(ями) топливных элементов, к требуемым техническим характеристикам, указанным производителем;
- автоматического управления — система(ы), состоящая из датчиков, исполнительных механизмов, клапанов, переключателей и логических компонентов, которые поддерживают параметры энергоустановки на основе топливных элементов в установленных производителем пределах, включая переход в безопасные состояния без вмешательства оператора;
- вентиляции — система, которая обеспечивает подачу воздуха механическим или естественным путем в корпус энергоустановки на основе топливных элементов;
- модули топливных элементов — конструкция, состоящая из одной или нескольких батарей топливных элементов, которые преобразуют химическую энергию в электрическую и тепловую энергию путем электрохимического преобразования, предназначенная для интеграции в систему выработки электроэнергии;

- блок топливных элементов — комплект оборудования, состоящий из ячеек, сепараторов, охлаждающих пластин, коллекторов и опорной конструкции, который преобразует, как правило, богатый водородом газ и воздух в энергию постоянного тока, тепло и другие побочные продукты реакции путем электрохимического преобразования.

Встроенный накопитель энергии — система внутренних устройств хранения электроэнергии, предназначенная для поддержания или дополнения модуля топливных элементов в обеспечении энергией внутренних или внешних нагрузок.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Часть 3-100

Стационарные энергоустановки на основе топливных элементов. Безопасность

Fuel cell technologies. Part 3-100. Stationary fuel cells power stations. Safety

Дата введения — 2023—05—31

1 Область применения

Настоящий стандарт применим к стационарным автономным или иным энергоустановкам на основе топливных элементов, состоящих из согласованных на заводе пакетов интегрированных систем, вырабатывающих электричество посредством электрохимических реакций.

Это относится к системам:

a) предназначенным для подключения к электросети напрямую или с помощью безобрывного переключателя, а также к автономным системам распределения электроэнергии;

b) предназначенным для подачи питания на переменном или постоянном токе;

c) с возможностью рекуперации полезного тепла или без нее;

d) предназначенным для работы на следующих видах топлива:

1) природный газ и другие газы с высоким содержанием метана, полученные из возобновляемых источников или ископаемого топлива;

2) топливо, полученное при переработке нефти, например дизельное топливо, бензин, керосин и сжиженные нефтяные газы, такие как пропан и бутан;

3) спирты, сложные и простые эфиры, альдегиды, кетоны, жидкости, полученные в процессе Фишера-Тропша, и другие подходящие богатые водородом органические соединения, полученные из возобновляемых (биомасса) или ископаемых источников топлива, например метанол, этанол, диметиловый эфир, биодизель;

4) водород, и газовые смеси, содержащие водород, например синтез-газ, городской газ и др.

Этот стандарт не распространяется на:

- портативные энергоустановки на основе топливных элементов;
- переносные энергоустановки на основе топливных элементов;
- силовые энергоустановки на основе топливных элементов.

Примечание — Для специальных применений, таких как «вспомогательная судовая энергия», в соответствующем стандарте морского судового реестра могут быть даны дополнительные требования.

Настоящий стандарт применим к стационарным энергоустановкам на основе топливных элементов, предназначенных для использования как внутри, так и снаружи помещений, коммерческого и промышленного использования, а также для использования в безопасных зонах жилых помещений.

В этом стандарте рассматриваются все существенные опасности, опасные ситуации и события, за исключением тех, которые связаны с условиями окружающей среды (условиями установки), относящиеся к энергоустановкам на основе топливных элементов, когда их используют по назначению и в условиях, предусмотренных производителем.

Издание официальное

В этом стандарте рассмотрены условия, которые могут представлять опасность, с одной стороны, для людей, а с другой — приводить к повреждению только за пределами энергоустановок на основе топливных элементов. Защита от повреждения внутренних частей энергоустановок на основе топливных элементов не рассматривается в этом документе, при условии, что это не приводит к опасностям за пределами энергоустановок на основе топливных элементов.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 14254 (IEC 60529:2013) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 30804.3.11—2013 (IEC 61000-3-11:2000) Совместимость технических средств электромагнитная. Колебания напряжения и фликер, вызываемые техническими средствами с потребляемым током не более 75 А (в одной фазе), подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения при определенных условиях. Нормы и методы испытаний

ГОСТ 30804.6.1 (IEC 61000-6-1:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением. Требования и методы испытаний

ГОСТ 30804.6.2 (IEC 6100-6-2:2005) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний

ГОСТ 31610.0—2019 (IEC 60079-0:2017) Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования

ГОСТ 31610.20-1 (ISO/IEC 80079-20-1:2017) Взрывоопасные среды. Часть 20-1. Характеристики веществ для классификации газа и пара. Методы испытаний и данные

ГОСТ 31610.30-1 (IEC/IEEE 60079-30-1:2015) Взрывоопасные среды. Часть 30-1. Нагреватели сетевые электрические резистивные. Общие требования и требования к испытаниям

ГОСТ 31843 (ISO 13707:2000) Нефтяная и газовая промышленность. Компрессоры поршневые. Общие технические требования

ГОСТ 32601 (ISO 13709:2009) Насосы центробежные для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности. Общие технические требования

ГОСТ 34343 (ISO 12499:1999) Вентиляторы промышленные. Механическая безопасность вентиляторов. Защитные устройства

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

ГОСТ ISO 23550 Устройства защиты и управления газовых горелок и аппаратов. Общие требования

ГОСТ ISO 23551-1 Предохранители и регуляторы для газовых горелок и газосжигательного оборудования. Частные требования. Часть 1. Автоматические и полуавтоматические клапаны

ГОСТ IEC 60079-2 Взрывоопасные среды. Часть 2. Оборудование с видом взрывозащиты «оболочки под избыточным давлением «р»

ГОСТ IEC 60079-10-1 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды

ГОСТ IEC 60079-29-1 Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Требования к эксплуатационным характеристикам газоанализаторов горючих газов

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

ГОСТ IEC 60335-2-51 Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2-51. Частные требования к стационарным циркуляционным насосам для отопительных систем и систем водоснабжения

ГОСТ IEC 60730-1 Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 1. Общие требования

ГОСТ IEC 60730-2-5 Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 2-5. Частные требования к автоматическим электрическим системам управления горелками

ГОСТ IEC 60730-2-6 Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 2-6. Частные требования к автоматическим электрическим управляющим устройствам, чувствительным к давлению, включая требования к механическим характеристикам

ГОСТ IEC 60730-2-9 Автоматические электрические управляющие устройства бытового и аналогичного назначения. Часть 2-9. Частные требования к термочувствительным управляющим устройствам

ГОСТ IEC 60950-1 Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования

ГОСТ IEC 61000-3-2 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-2. Нормы. Нормы эмиссии гармонических составляющих тока (оборудование с входным током не более 16 А на фазу)

ГОСТ IEC 61000-3-3 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-3. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 16 А (в одной фазе), подключаемого к сети электропитания без особых условий

ГОСТ IEC/TS 61000-3-5 Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение колебаний напряжения и фликера, вызываемых техническими средствами с номинальным током более 75 А, подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения. Нормы и методы испытаний

ГОСТ IEC 61000-6-3 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-3. Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для жилых, коммерческих и легких промышленных обстановок

ГОСТ IEC 61000-6-4 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-4. Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для промышленных обстановок

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

ГОСТ IEC 62040-1 Системы бесперебойного энергоснабжения (UPS). Часть 1. Общие положения и требования безопасности к UPS

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

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

ГОСТ Р 51317.3.4 (МЭК 61000-3-4:1998) Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение эмиссии гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током более 16 А, подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения. Нормы и методы испытаний

ГОСТ Р 54114 Передвижные устройства и системы для хранения водорода на основе гидридов металлов

ГОСТ Р 54802 (ИСО 13631:2002) Нефтяная и газовая промышленность. Компрессоры поршневые газовые агрегатированные. Технические требования

ГОСТ Р ИСО 26142 Приборы стационарные для обнаружения водорода

ГОСТ Р МЭК 60204-1 Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования

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 61511-1 Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов. Часть 1. Термины, определения и технические требования

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

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 и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **зона доступа оператора** (accessible): Область, к которой при нормальных условиях эксплуатации применимо одно из следующих условий:

a) доступ к ней может быть получен без использования инструмента;

b) средства доступа предоставляются пользователю;

c) эта зона определяется как зона доступная оператору в соответствии с документацией вне зависимости от того, требуются или нет специальные средства для доступа к ней.

Примечания

1 Термин «зона доступа оператора», если не оговорен отдельно, относится к области, считающейся доступной оператору, как определено выше.

2 Только обслуживающий персонал может входить в зоны, не являющиеся доступными оператору. Обслуживающему персоналу может потребоваться использование соответствующих средств индивидуальной защиты, указанных в руководстве по техническому обслуживанию.

3.2 **каталитический реактор анодных газов** (anode exhaust catalytic reactor): Каталитический реактор, который окисляет богатые водородом газы, используемые в энергоустановках на основе водородных топливных элементов.

3.3 **автоматическая система управления горелкой** (automatic burner control system): Система, которая включает в себя блок программирования, датчик пламени и может включать в себя источник зажигания и/или устройство зажигания и которая контролирует работу топливных горелок.

Примечание — В одном или нескольких корпусах могут быть выполнены различные функции системы.

3.4 **сопло горелки** (burner port): Отверстие в головке горелки, через которое выпускается воспламеняемый газ или его смесь с воздухом.

3.5

горючий материал (combustible material): *Материалы, относящиеся в группе «горючие (сгораемые)»*

[ГОСТ 12.1.044—89, пункт 2.1.2]

Примечания

1 Такие материалы считаются горючими, даже если они обработаны огнезащитным составом или оштукатурены.

2 Речь идет о материалах, прилегающих или находящихся в контакте с тепловыделяющими приборами, вентиляционными соединениями и/или отверстиями для дымовых газов, паровыми трубами и трубами с горячей водой, а также воздуховодами для теплого воздуха. Горючие вещества — это материалы, изготовленные из дерева, прессованной бумаги, растительных волокон или других материалов или которые могут воспламениться и сгореть.

3.6 **расчетное давление** (design pressure): Максимальное давление, которое может возникнуть при любом из рабочих режимов, включая стадию выхода на режим и переходные процессы.

3.7 **выхлопные газы** (effluent): Продукты сгорания и избыток воздуха, отходящие из газоперерабатывающего оборудования.

3.8 ***электромагнитные помехи;*** *ЭМП (electromagnetic disturbance; EMD): Электромагнитное явление, способное ухудшить работу устройства, оборудования, системы и неблагоприятно воздействовать на различные материалы.*

3.9 ***электромагнитное воздействие;*** *ЭМВ (electromagnetic interference; EMI): Ухудшение характеристик оборудования, каналов передачи или энергоустановки, вызванное электромагнитными возмущениями.*

3.10 **электрооборудование** (electrical equipment): Материалы, приборы, клапана, устройства, приспособления, аппаратура и тому подобные, используемые или подключаемые к электрической установке.

3.11 **аварийное отключение (в топливном элементе)** (emergency shutdown): Действия системы контроля (на основе оценки технологических параметров системы), которые предприняты для немедленного останова энергоустановки на основе топливных элементов и всех процессов в ней во избежание повреждения оборудования и/или рисков для персонала.

3.12 ***топливный элемент (технологии топливных элементов)*** *(fuel cell): Электрохимическое устройство — первичный элемент, который преобразует химическую энергию топлива и окислителя в электрическую энергию (постоянный ток), тепло и продукты реакции.*

Примечание — Топливо и окислитель для этих устройств, как правило, хранят за пределами топливного элемента и подают в топливный элемент по мере их потребления.

3.13 ***энергетическая установка (энергоустановка) на основе топливных элементов;*** *ТЭУ (fuel cell power system): Энергетическая установка, в которой для преобразования химической энергии топлива в электрическую используются топливные элементы.*

Примечание — Включает в себя электрохимический генератор с топливными элементами, системы и оборудование, обеспечивающие энергоснабжение потребителя.

3.14 **топливная емкость** (fuel compartment): Емкость, в которой размещены энергоносители, применяемые в качестве топлива.

3.15 **дымоотводчик** (flue gas vent): Канал для отвода газов от газоперерабатывающего оборудования или его выпускных патрубков в атмосферу

Примечание — См. также 3.33.

3.16 **газопровод** (gas carrying circuit): Сборка частей стационарной энергоустановки на основе топливных элементов, которые несут или содержат питающий газ или продуктовый газ.

3.17 **воспламенитель** (igniter): Устройство, использующее электрическую энергию для зажигания газа на горелке запального пламени или основной горелке.

3.18 **устройство зажигания** (ignition device): Устройство, установленное на горелке или рядом с ней, предназначенное для зажигания топлива в горелке.

Пример — Горелки запального пламени, искровые электроды и воспламенители с горячей поверхностью.

3.19 **времена системы зажигания** (ignition system timings)

3.19.1 **период возникновения пламени** (flame-establishing period): Период времени между сигналом включения устройства подачи топлива и сигналом, указывающим на наличие пламени горелки.

Примечание — Может применяться для подтверждения наличия пламени источника зажигания или пламени основной горелки, или того и другого.

3.19.2 **период активации зажигания** (ignition activation period): Период времени между подачей питания на главный газовый клапан и отключением средств зажигания до времени блокировки.

3.19.3 **время блокировки при запуске** (start-up lock-out time): Период времени между запуском потока газа и действием по перекрытию потока газа в случае невозможности получить подтверждение наличия контролируемого источника зажигания или контролируемого пламени основной горелки.

3.19.4 **время продувки** (purge time): Период времени, предназначенный для рассеивания несгоревшего газа или остаточных продуктов сгорания.

3.19.4.1 **время предварительной продувки** (pre-purge time): Время продувки, которая происходит в начале рабочего цикла горелки до начала зажигания.

3.19.4.2 **время после продувки** (post-purge time): Время продувки, которая происходит в конце рабочего цикла горелки.

3.19.5 **время рециркуляции** (recycle time): Период времени между сигналом об отключении питания системы подачи газа после потери контролируемого источника зажигания или контролируемого пламени и сигналом для начала новой процедуры запуска.

3.20 **блокировка** (interlock): Контроль для подтверждения физического состояния требуемых условий и предоставления этих доказательств в устройство управления, связанное с безопасностью, которое выполняет аварийное отключение.

3.21 **время блокировки** (lock-out time): Период времени между сигналом, указывающим на отсутствие пламени, и действием по отключению подачи топлива.

3.22 **основная горелка** (main burner): Устройство или группа устройств, образующие, по существу, единый блок для окончательной транспортировки газа и воздуха в зону горения,

Примечание — В зоне горения происходит горение для выполнения функции, для которой это оборудование спроектировано.

3.23 ***коллектор*** *(manifold): Один или несколько каналов, по которым подаются реагенты к топливному элементу (батарее топливных элементов) и отводятся уходящие газы (продукты реакции) от топливного элемента (батареи топливных элементов).*

Примечания

1 Внешний входной коллектор батареи топливных элементов представляет собой конструкцию, предназначенную для подачи газообразных реагентов, а в батареях топливных элементов жидкостного охлаждения — и охлаждающей жидкости, к соответствующим входным отверстиям большого сечения внутреннего коллектора, расположенным на одной из боковых сторон батареи топливных элементов и герметично разделенным уплотнениями; внешний выходной коллектор, расположенный, как правило, на противоположной боковой стороне батареи топливных элементов, предназначен для отвода уходящих газов и воды (продуктов реакции) топливных элементов, а в батареях топливных элементов жидкостного охлаждения — и охлаждающей жидкости, и представляет собой аналогичную конструкцию.

2 Конструкция внутреннего коллектора представляет собой систему каналов внутри батареи топливных элементов, которая проходит через биполярные пластины и распределяет газовые потоки, а в батареях топливных элементов жидкостного охлаждения — и охлаждающую жидкость, между повторяющимися частями батареи и отводит из них уходящие газы и воду (продукты реакции), а в батареях топливных элементов жидкостного охлаждения — и охлаждающую жидкость.

3.24 **заданное условие** (permissive): Условие в логической последовательности, которое должно быть удовлетворено, прежде чем можно будет перейти к следующему этапу

3.25 **запальное пламя** (pilot): Небольшое пламя, которое используют для зажигания газа в основной горелке.

3.25.1 **непрерывное запальное пламя** (continuous pilot): Пламя, которое горит в течение всего времени работы горелки, независимо от того, работает основная горелка или нет.

3.25.2 **прерывистое запальное пламя** (intermittent pilot): Пламя, которое автоматически зажигается каждый раз, когда есть сигнал для инициализации, и горит в течение всего периода, когда работает основная горелка.

3.25.3 **предварительное запальное пламя** (interrupted pilot): Пламя, которое автоматически зажигается перед подачей топлива в основную горелку и которое автоматически гаснет при установлении устойчивого пламени основной горелки.

3.26 **продуктовый газ** (process gas): Подаваемый газ, который был преобразован в газ, содержащий преимущественно водород.

3.27 **продувка газом** (gas purge): Профилактическая операция по удалению газов или жидкостей, или тех и других, например, таких как топливо, водород, воздух или вода, из энергоустановки на основе топливных элементов.

3.28 **использованная для полезных целей тепловая энергия** (recovered heat): Тепловая энергия, использованная для полезных целей.

Примечание — Использованную для полезных целей тепловую энергию измеряют путем определения температуры и расхода жидкости для рекуперации тепла (вода, пар, воздух или масло и т. д.), входящей и выхо-

дящей из подсистемы рекуперации тепловой энергии в точке сопряжения небольшой энергоустановки на основе топливных элементов.

3.29 ***риформер*** *(reformer): Реактор для переработки первичного топлива в водородсодержащую смесь газов.*

Примечание — Существует несколько типов риформеров, таких как пластинчатые, однотрубные, многотрубные и многотрубные кольцевые.

3.30 **малая энергоустановка на основе топливных элементов** (small fuel cell power system): Энергоустановка на основе топливных элементов с номинальной электрической мощностью менее 10 кВт и максимальным давлением подачи топлива и окислителя менее 0,1 МПа.

Примечание — Подпункты, замененные для малых энергосистем, основанных на топливных элементах, приведены в приложении В.

3.31 **состояние** (state)

3.31.1 ***холодное состояние*** *(cold state): Состояние энергоустановки на основе топливных элементов, при котором ее температура равна температуре окружающей среды, а мощность не потребляется и не генерируется.*

3.31.2 ***рабочее состояние*** *(operetional state): Состояние энергоустановки на основе топливных элементов, при котором она генерирует электрическую мощность.*

3.31.3 ***пассивное состояние*** *(passive state): Состояние энергоустановки на основе топливных элементов, при котором системы подачи топлива и окислителя продуты паром, воздухом, азотом или с использованием других веществ в соответствии с инструкциями производителя.*

3.31.4 ***предпусковое состояние; предпусковые операции*** *(pre-generation state; pre-generation operation): Состояние энергоустановки на основе топливных элементов при нулевой выходной электрической мощности, при котором она находится в условиях достаточной рабочей температуры и необходимых режимах, которое позволяет незамедлительно перевести энергоустановку в рабочее состояние со значительной выходной электрической мощностью.*

3.31.5 ***стационарное состояние*** *(steady state condition): Состояние малой энергоустановки на основе топливных элементов, когда колебания выходной электрической мощности находятся в пределах ± 2 % от номинальной выходной мощности.*

3.31.6 ***состояние хранения*** *(storage state): Состояние энергоустановки на основе топливных элементов, при котором она находится в нерабочем состоянии и, возможно, требует, в соответствии с инструкциями производителя, подвода тепловой энергии, электрической энергии, инертной атмосферы или их сочетания для предотвращения повреждения составных частей.*

3.32 **условия теплового равновесия** (thermal equilibrium conditions): Стабильные температурные условия, на которые указывают изменения температуры не более чем на 3 K или 1 % от абсолютной рабочей температуры, в зависимости от того, какое значение выше между тремя показаниями, измеренными с интервалом 15 мин.

3.33 **подаваемый газ** (supply gas): Газ, подаваемый извне в стационарную энергоустановку на основе топливных элементов.

3.34 **контур подачи газа** (supply gas circuit): Часть стационарной энергоустановки на основе топливных элементов, которая несет или содержит подаваемый газ, от впускного газового патрубка до выпускных предохранительных запорных клапанов.

3.35 **вентиляционный соединитель** (vent connector): Часть системы вентиляции, которая соединяет выход дымоотвода газоперерабатывающего оборудования с дымоотводчиком или одностенной металлической трубкой.

3.36 **отходящий газ** (vent gas): Газ, который выводиться из системы, состоящий из продуктов сгорания от газоперерабатывающего оборудования, избыточного воздуха и разбавляющего воздуха в системе вентиляции.

3.37 **вентиляционный терминал; вентиляционная крышка** (vent terminal): Штуцер на конце вентиляционной трубы, который направляет дымовые продукты во внешнюю атмосферу.

3.38 **вентиляция** (ventilation)

3.38.1 **принудительная вентиляция в топливном элементе** (forced ventilation): Организация движения воздуха и замещение его свежим воздухом посредством механических устройств.

3.38.2

естественная вентиляция (natural ventilation): Перемещение воздуха и его замещение свежим воздухом под действием ветра и/или перепада температуры.

[*ГОСТ Р МЭК 60050-426—2011*, статья 426-03-07]

3.39 **система вентиляции** (venting system): Вентиляционное отверстие дымовых газов и вентиляционный патрубок (если они используются), собранные для образования непрерывного открытого прохода от дымохода оборудования для утилизации газа во внешнюю атмосферу с целью удаления отходящих газов.

4 Требования безопасности и меры защиты

4.1 Общая стратегия безопасности

Изготовитель должен провести оценку рисков в письменной форме, чтобы убедиться, что:

a) были установлены опасные ситуации и события, а также предполагаемое неправильное использование в течение ожидаемого срока службы энергоустановки на основе топливных элементов. Приложение А содержит список опасностей, которые рассмотрены в этом стандарте;

b) риск для каждой из этих опасностей был оценен исходя из комбинации вероятностей возникновения опасности и ее прогнозируемой серьезности;

c) два фактора, которые определяют каждый из оцененных рисков (вероятность и серьезность), были устранены или снижены до уровня, не превышающего допустимый уровень риска, посредством применения:

1) безопасного дизайна конструкции и ее технологии;

2) ограждений и защитных устройств:

I) путем пассивного управления энерговыделением, не создающим угрозу безопасности окружающей среды (например, разрывные диски, выпускные клапаны, тепловые отсечные устройства), устройства термического отключения);

II) посредством активного управления энерговыделением (например, с помощью встроенного в энергоустановку на основе топливных элементов электронного оборудования управления, которое обеспечивает меры противодействия, основанные на оценке сигналов датчиков и с помощью функций управления, связанных с безопасностью);

d) для остаточных рисков, которые нельзя было снизить с помощью мер, описанных в перечислении c) должны быть приняты такие положения, как ярлыки, предупреждения или требование специальной подготовки, с учетом того, что такие меры должны быть поняты людьми, находящимися в зоне опасности.

Для обеспечения функциональной безопасности уровень исполнения или класс функции управления должны быть определены и спроектированы в соответствии с:

1) *ГОСТ Р МЭК 62061*, *ГОСТ ISO 13849-1* или *ГОСТ IEC 61508-3*, *ГОСТ Р МЭК 61508-1*, *ГОСТ Р МЭК 61508-2*, *ГОСТ Р МЭК 61508-4*, *ГОСТ Р МЭК 61508-5*, *ГОСТ Р МЭК 61508-6*, *ГОСТ Р МЭК 61508-7* в сочетании с *ГОСТ Р МЭК 61511-1* для областей применения согласно *ГОСТ Р МЭК 60204-1*;

2) *ГОСТ IEC 60730-1* или *ГОСТ ISO 23550* для приборов согласно *ГОСТ IEC 60335-1*, *ГОСТ IEC 60950-1*, *ГОСТ IEC 62368-1* или *ГОСТ IEC 62040-1*;

3) *ГОСТ IEC 61508-3*, *ГОСТ Р МЭК 61508-1*, *ГОСТ Р МЭК 61508-2*, *ГОСТ Р МЭК 61508-4*, *ГОСТ Р МЭК 61508-5*, *ГОСТ Р МЭК 61508-6*, *ГОСТ Р МЭК 61508-7* в сочетании с *ГОСТ Р МЭК 61511-1* для других приложений.

Для анализа видов и последствий отказов (FMEA-анализ) и анализа дерева неисправностей в качестве руководства следует использовать:

- *ГОСТ Р 27.303*;
- *[1]*;
- *[2]*.

4.2 Окружающая среда и условия эксплуатации

4.2.1 Общие положения

Энергоустановка на основе топливных элементов и защитные системы должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы они были способны выполнять предназначенную(ые) функцию(и) при условиях окружающей среды и в рабочих условиях, указанных в 4.2.2—4.2.8.

4.2.2 Потребляемая электрическая мощность

Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть спроектирована так, чтобы правильно работать в условиях подвода электроэнергии, указанных в соответствующем стандарте применения электротехнической продукции, как указано в 4.7, или иных условиях, указанных производителем.

4.2.3 Окружающая среда

Изготовитель должен указать условия окружающей среды, в которых данная энергоустановка на основе топливных элементов может функционировать. Следует учитывать следующее:

a) использование внутри/снаружи помещения;

b) высоту над уровнем моря, на которой энергоустановка на основе топливных элементов работает исправно;

c) диапазон температур и влажности воздуха, в пределах которых энергоустановка на основе топливных элементов работает исправно;

d) сейсмическую зону, в которой может располагаться энергоустановка на основе топливных элементов.

4.2.4 Подача топлива

Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть спроектирована для работы в пределах состава топлива и рабочих характеристик системы подачи топлива, для работы с которыми она была спроектирована (например, трубопроводный природный газ).

4.2.5 Подача воды

Изготовитель должен указать качество и характеристики подачи воды, которая должна использоваться в энергоустановке на основе топливных элементов.

4.2.6 Вибрация, сотрясения и удары

Нежелательные эффекты вибрации, сотрясений и ударов (в том числе создаваемые машиной и связанным с ней оборудованием, а также создаваемые окружающей средой) следует минимизировать путем выбора подходящего оборудования, монтажа оборудования на безопасном расстоянии от энергоустановки на основе топливных элементов или за счет использования антивибрационных опор. Эффекты, связанные с сейсмическими ударами, должны рассматриваться отдельно, если производитель сочтет это необходимым для своей продукции (см. 4.2.3).

4.2.7 Обращение, транспортировка и хранение

Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть спроектирована так, чтобы выдерживать возникающие во время транспортировки и хранения перепады температур в диапазоне от минус 25 °С до плюс 55 °С, или же при транспортировке и хранении должны быть приняты соответствующие меры предосторожности. Также система должна выдерживать кратковременное (не более 24 ч) повышение температуры окружающей среды до плюс 70 °С. Производитель может указать другие диапазоны температур.

Энергоустановка на основе топливных элементов или каждая ее составная часть должны:

a) иметь возможность безопасного обращения и транспортировки и, при необходимости, быть снабжены средствами для перемещения с помощью кранов или аналогичного оборудования;

b) быть упакованными или сконструированными таким образом, чтобы их можно было безопасно и без повреждений хранить (например, иметь достаточную устойчивость, специальные опоры);

Производитель должен указать специальные средства для обращения, транспортировки и хранения, если это необходимо.

4.2.8 Продувка установки

В энергоустановках на основе топливных элементов должны быть предусмотрены средства продувки для тех случаев, когда в соответствии с указаниями производителя из соображений безопасности необходимо обеспечить безопасное состояние энергоустановки после остановки или перед пуском. В неопасной ситуации при использовании по назначению может быть применена соответствующая система продувки с использованием среды, указанной производителем, включая азот, воздух или пар, но не ограничиваясь ими.

4.3 Выбор материалов

4.3.1 Все материалы должны быть пригодны для использования по назначению.

4.3.2 Если известно, что материалы, используемые для изготовления энергоустановки на основе топливных элементов представляют опасность при определенных обстоятельствах, производитель должен принять меры и предоставить информацию, необходимую для минимизации риска создания угрозы безопасности или здоровью людей.

4.3.3 Асбест или асбестосодержащие материалы не должны использоваться в конструкции энергоустановки на основе топливных элементов. Использование других опасных веществ, таких как свинец, кадмий, ртуть, шестивалентный хром, полибромированный дифенил, полибромированный дифениловый эфир и полихлорированный дифенил, должно рассматриваться в соответствии с национальными и региональными правилами.

Металлические и неметаллические материалы, используемые для создания внутренних или внешних частей энергоустановки на основе топливных элементов, в частности те, которые прямо или косвенно подвергаются воздействию влаги или по которым идут потоки технологического газа или жидкости, а также детали и материалы, используемые для герметизации или соединения внутренних или внешних деталей установки (например, сварочные материалы) должны подходить для всех физических, химических и термических условий, которые могут с достаточной степенью вероятности возникнуть в течение запланированного срока службы оборудования и во время всех испытаний, в частности:

a) они должны сохранять свою механическую стабильность в отношении прочности (усталостные свойства, предел выносливости, предел ползучести) во всех условиях эксплуатации и в течение всего срока службы, указанного производителем;

b) они должны быть достаточно стойкими к химическому и физическому воздействию содержащихся в них жидкостей и к разрушительному воздействию окружающей среды;

c) необходимые для безопасной эксплуатации оборудования химические и физические свойства материалов должны удовлетворять заданным характеристикам в течение запланированного срока службы оборудования, если не предусмотрена замена этих материалов;

d) при выборе материалов и методов производства следует должным образом учитывать коррозионную стойкость и износостойкость материала, электрическую проводимость, ударопрочность, сопротивление старению, влияние колебаний температуры, эффекты, возникающие при соединении материалов (например, коррозия при соединении гальванической пары), воздействия ультрафиолетового излучения и воздействия водорода на механические характеристики материала.

Примечание — Руководство по учету разрушительного воздействия водорода на механические характеристики материала можно найти в *[3]*, *[4]* и приложении В.

4.3.4 В случае угрозы возникновения эрозии, истирания, коррозии или другого химического воздействия должны быть приняты соответствующие меры для:

a) минимизации этого эффекта за счет соответствующей конструкции, например дополнительной толщины, или соответствующей защиты, например использования футеровки, облицовочных материалов или поверхностных покрытий, с должным учетом предполагаемого и разумно прогнозируемого использования;

b) замены частей, которые наиболее повреждены;

c) в инструкциях по техническому обслуживанию, указанных в 7.4.5, должно быть обращено внимание на тип и частоту проверок и мероприятий по техническому обслуживанию, необходимых для продолжения безопасного использования устройства;

d) где необходимо, должны быть указаны детали, подверженные износу, и критерии их замены.

4.4 Общие требования

4.4.1 Доступные детали энергоустановки на топливных элементах, насколько позволяет их назначение, не должны иметь острых краев, острых углов и шероховатых поверхностей, которые могут причинить вред здоровью персонала.

4.4.2 Энергоустановка на основе топливных элементов или ее части, к которым есть доступ, должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы люди не могли поскользнуться, споткнуться или упасть на эти части.

4.4.3 Энергоустановка на основе топливных элементов, ее компоненты и арматура должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы они были достаточно стабильными в пред-

полагаемых условиях эксплуатации (при необходимости с учетом климатических условий) для использования без риска опрокидывания, падения или неожиданного движения. В противном случае должны быть предусмотрены соответствующие средства крепления, указанные в инструкциях.

4.4.4 Движущиеся части энергоустановки на основе топливных элементов должны быть спроектированы, изготовлены и расположены таким образом, чтобы исключить опасности, которые могут привести к несчастным случаям. Там, где существует опасность, должны быть установлены ограждения или защитные устройства таким образом, чтобы исключить любой риск контакта.

4.4.5 Различные части энергоустановки на основе топливных элементов и их соединения должны быть сконструированы таким образом, чтобы при нормальном использовании не возникало нестабильности, деформации, поломки или износа, которые могли бы снизить их безопасность.

4.4.6 Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть спроектирована, сконструирована и/или оборудована таким образом, чтобы исключить риски, связанные с выделением газов, жидкостей, пыли или паров, во время работы или технического обслуживания энергоустановки на основе топливных элементов.

4.4.7 Все части установки должны быть надежно смонтированы или присоединены и неподвижно закреплены. Допустимо использование амортизаторов, если это подходит для данной области применения.

4.4.8 Все компоненты системы аварийной остановки, неисправность которых может привести к возникновению опасных событий, определенных при оценке рисков, указанной в 4.1, должны соответствовать соответствующему стандарту с учетом предполагаемого использования.

4.4.9 Производитель должен принять меры для устранения любого риска травмирования, вызванного контактом или близостью с внешними поверхностями корпуса, ручек, рукояток или кнопок энергоустановки на основе топливных элементов, находящихся при высоких температурах.

4.4.10 Если пользователи без средств индивидуальной защиты могут коснуться внешних поверхностей кожуха, ручек, рукояток, кнопок или аналогичных частей корпуса энергоустановки на основе топливных элементов, производитель должен либо ограничить температуру этих поверхностей в соответствии с таблицей 1, либо установить ограждения или защитные устройства таким образом, чтобы предотвратить риск контакта, который может привести к несчастным случаям.

Таблица 1 — Допустимое повышение температуры поверхности относительно температуры окружающей среды

Часть	Температура поверхности, °C
Внешние корпуса, за исключением ручек, при нормальном использовании	*60*
Поверхности ручек, кнопок, зажимов и аналогичных деталей, которые используются в течение короткого периода времени только в нормальном режиме:	
- из металла	*35*
- из фарфора	*45*
- из формованного материала (пластмассы), резины или дерева	*60*

Примечания

1 Значения в таблице представляют собой максимальное превышение температуры поверхности над окружающей средой внешних поверхностей, с которыми во время работы могут контактировать люди без средств индивидуальной защиты. Приведенные выше значения приведены в таблице стандарта *ГОСТ IEC 60335-1*.

2 Значения в таблице основаны на температуре окружающей среды, обычно не превышающей *25 °C*, но иногда достигающей *35 °C*. Однако указанные значения допустимого превышения температуры даны для температуры окружающей среды *25 °C*.

Температура стен, пола, и потолка, примыкающих к стационарной энергоустановке на основе топливных элементов, не должна превышать температуру окружающей среды на 50 °C в условиях испытания 5.12, b).

4.4.11 Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть спроектирована и сконструирована таким образом, чтобы уровень шума был снижен до значения, подходящего для предполагаемого использования или местоположения в соответствии с применимыми региональными или национальными нормами и стандартами, касающимися шума.

4.4.12 Объемная доля монооксида углерода в выхлопных газах, образующихся при работе энергоустановки на основе топливных элементов в нормальных стационарных рабочих условиях, не должна превышать 0,03 % в безвоздушной пробе, т.е. объемную долю монооксида углерода математически корректируют до значения, которое она бы имела, если бы в пробе выхлопных газов не было избыточного воздуха.

Объемную долю CO в сухих, безвоздушных продуктах сгорания задают по формуле

$$CO = (CO)_{ср} \cdot (CO_2)_{макс} / (CO_2)_{ср}, \quad (1)$$

где CO — концентрация монооксида углерода в сухих безвоздушных продуктах сгорания в процентах;

$(CO_2)_{макс}$ — концентрация диоксида углерода в сухих безвоздушных продуктах сгорания в процентах;

$(CO)_{ср}$ и $(CO_2)_{ср}$ — средние значения измеренных концентраций, выраженные в процентах, взятые не менее трех раз во время испытания, или

$$CO = (CO)_{ср} \cdot (21\ \%) / (21\ \% - (O_2)_{ср}), \quad (2)$$

где $(CO)_{ср}$ и $(O_2)_{ср}$ — средние значения измеренных концентраций, выраженные в процентах в образце, взятые не менее трех раз во время испытания.

4.4.13 Если в трубопроводе содержатся взрывоопасные, легковоспламеняющиеся или токсичные жидкости, должны быть приняты соответствующие меры предосторожности при проектировании и маркировке точек отбора проб и отводов с учетом требований по безопасности.

4.4.14 Максимальные температуры, которым подвергают материалы и компоненты, используемые в энергоустановке на основе топливных элементов, не должны превышать допустимые значения температуры для этих материалов и компонентов.

4.4.15 Производитель должен рассмотреть возможность работы энергоустановки на основе топливных элементов, в условиях, когда в окружающей среде присутствуют загрязнители (например, пыль, соль, дым и коррозионные газы).

4.4.16 Кожух энергоустановки на основе топливных элементов должен быть спроектирован таким образом, чтобы надежно удерживать любые возможные опасные утечки (см. 4.5.2, f)) жидкого топлива. Средства удержания должны иметь емкость, составляющую 110 % от максимального предполагаемого объема утечки жидкости.

4.4.17 Производитель должен принять меры для предотвращения накопления конденсата, а также для предотвращения утечки выхлопных газов через сливные линии для отвода конденсата.

4.5 Оборудование, работающее под давлением, и трубопроводы

4.5.1 Оборудование, работающее под давлением

Сосуды, работающие под давлением, такие как реакторы, теплообменники, газовые трубчатые нагреватели, котлы, охладители, аккумуляторы и аналогичные емкости, а также соответствующие механизмы сброса давления, такие как предохранительные клапаны и аналогичные устройства, должны быть сконструированы и маркированы в соответствии с применимыми региональными или национальными нормами и стандартами.

Сосуды, такие как цистерны и аналогичные контейнеры, которые не подпадают под действие национальных стандартов для оборудования, работающего под давлением, должны быть изготовлены из подходящих материалов в соответствии с 4.3 и должны соответствовать требованиям 4.4. Такие сосуды, а также связанные с ними соединения и фитинги должны быть спроектированы и изготовлены с достаточной прочностью для обеспечения функциональности и устойчивости к утечкам для предотвращения непреднамеренных утечек.

Системы хранения водорода на основе гидридов металлов должны соответствовать *ГОСТ Р 54114*.

4.5.2 Системы трубопроводов

Трубопровод и связанные с ним соединения и фитинги должны соответствовать *[5]*.

Системы трубопроводов, рассчитанные на внутреннее избыточное давление равное нулю или выше, но менее 105 кПа, работающие с негорючими, нетоксичными и не повреждающими человеческие ткани жидкостями, с температурами эксплуатации от минус 29 °С до 186 °С, не входят в область применения *[5]*. Трубопроводные системы в этих условиях должны быть изготовлены из подходящих материалов в соответствии с 4.3 и должны соответствовать требованиям 4.4. Такие трубы и связанные с ними соединения и фитинги должны быть спроектированы и изготовлены с достаточной прочностью для обеспечения функциональности и устойчивости к утечкам для предотвращения непреднамеренных утечек.

При проектировании и изготовлении как жестких, так и гибких труб и фитингов необходимо учитывать следующие аспекты:

a) материалы должны соответствовать требованиям, указанным в 4.3;

b) внутренние поверхности трубопроводов должны быть тщательно очищены от посторонних частиц, а концы трубопроводов должны быть тщательно обработаны для удаления стружки и заусенцев;

c) если конденсат или осадок внутри трубопровода для подачи газа может вызвать повреждение в результате гидравлического удара, воздействия пониженного давления, коррозии и неконтролируемых химических реакций во время запуска, остановки и/или эксплуатации, производитель должен предоставить средства для дренажа и удаления отложений с низких участков, а также для доступа во время очистки, осмотра и технического обслуживания. В частности, производитель должен принять меры для предотвращения накопления отложений или конденсата в регуляторах топливного газа. Должны быть установлены отстойники или фильтры, или соответствующие инструкции должны быть предоставлены в технической документации на изделие;

d) производитель должен принять меры для предотвращения накопления осадка в органах управления жидким топливом. Должны быть установлены отстойники или фильтры, или соответствующие инструкции должны быть предоставлены в технической документации на изделие;

e) неметаллические трубопроводы, используемые для транспортировки горючих газов, должны быть защищены от возможности перегрева и механических повреждений. Должны быть предусмотрены меры в соответствии с требованиями оценки рисков, указанной в 4.1, для предотвращения превышения температуры компонентов, транспортирующих горючие газы, выше температур, на которые они рассчитаны;

f) энергоустановки на основе топливных элементов, работающие на жидком топливе, должны включать меры по улавливанию, переработке или безопасному удалению высвободившегося жидкого топлива. Поддоны, защитные ограждения или трубы с двойными стенками должны быть спроектированы таким образом, чтобы предотвратить неконтролируемые выбросы.

4.5.3 Системы отвода выхлопных газов

Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть снабжена вентиляционной системой для вывода продуктов сгорания от оборудования, перерабатывающего топливо, во внешнюю атмосферу. Производитель должен поставить систему вентиляционных труб, отвечающую требованиям, либо предоставить в технической документации на изделие соответствующие инструкции, позволяющие выбрать систему вентиляционных труб, отвечающую этим требованиям.

a) Материалы должны соответствовать требованиям, указанным в 4.3. В частности, система вентиляции должна быть изготовлена из материала, устойчивого к коррозии, вызываемой конденсатом. Неметаллический материал следует выбирать исходя из температурных ограничений для данного материала, его прочности и стойкости к воздействию конденсата.

b) Детали системы вентиляции энергоустановки на основе топливных элементов должны быть прочными. Детали системы вентиляции, включая детали, находящиеся внутри энергоустановки на основе топливных элементов, не должны ломаться, разбираться или повреждаться до такой степени, чтобы допустить возникновение опасных ситуаций при работе энергоустановки на основе топливных элементов.

c) Вентиляционная труба должна иметь надлежащую опору и быть снабжена защитным колпаком от дождя или другим приспособлением, которое не ограничивало бы или не препятствовало выпуску газового потока.

d) Должны быть предусмотрены средства, такие как дренаж, для предотвращения скопления воды, льда и другого мусора внутри вентиляционной трубы или закупорки вентиляционной трубы.

e) Система вентиляции энергоустановки на основе топливных элементов должна быть герметичной.

f) Выпускной патрубок должен иметь такой размер, чтобы в него можно было вставить имеющийся в продаже вентиляционный патрубок или трубопровод, указанный в инструкциях производителя по установке.

g) Реле давления, используемые для контроля потока выхлопных газов, если они используются, должны быть настроены на заводе, или, по усмотрению производителя, должны настраиваться уполномоченным персоналом на площадке, где установлена энергоустановка. После этого средства регулировки должны быть закреплены. Реле давления должно иметь маркировку, четко указывающую номер детали производителя или дистрибьютора прибора или соответствующую документацию, которая содержит информацию о заблокированной настройке давления.

h) Детали реле давления, контактирующие с конденсатом выхлопных газов, должны быть устойчивы к коррозии по отношению к конденсату выхлопных газов при нормальных рабочих температурах.

i) Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть способна запускаться, а затем работать при соответствующем уровне оксида углерода (CO), когда система вентиляции подвергается статическому давлению до 116 Па или давлению скорости до 134,5 Па (при скоростях ветра от 9 км/ч до 54 км/ч) в соответствии с испытаниями по 5.13.

j) Если энергоустановка на основе топливных элементов снабжена вентиляционной системой, температура выхлопных газов, транспортируемых этой системой вентиляции, не должна превышать температур, приемлемых для материалов, используемых при изготовлении системы вентиляции.

k) Длина вентиляционной системы должна быть в пределах, ограниченных испытаниями, проведенными в разделе 5.

4.5.4 Компоненты, транспортирующие газ

Компоненты, транспортирующие газ, должны быть газонепроницаемыми, чтобы их герметичность не могла быть нарушена при обычной транспортировке, установке и использовании.

Нет требований к утечке для частей или сегментов газового контура, которые работают во всех рабочих условиях ниже окружающего атмосферного давления.

Если функция управления гарантирует, что газовый контур работает ниже окружающего атмосферного давления, то в соответствии с 4.1 меры по обеспечению безопасности должны соответствовать требованиям, указанным в соответствующем стандарте.

4.6 Защита от возгорания или взрыва

4.6.1 Предотвращение пожаров и взрывов в энергоустановках на основе топливных элементов, оборудованных кожухами

Для частей газопроводящего контура, где внутреннее давление газа выше внешнего атмосферного давления, применяют следующее.

a) Системы, интегрированные в энергоустановку на основе топливных элементов, должны быть собраны таким образом, чтобы предотвратить опасности, связанные со скоплением горючих газов в энергоустановке на основе топливных элементов.

b) Граница разбавления нормальных внутренних выбросов до концентраций менее 25 % от нижнего предела воспламеняемости (НПВ) может быть определена с помощью анализа методами вычислительной гидродинамики, использования индикаторного газа или аналогичных методов, приведенных в *ГОСТ IEC 60079-10-1*. Все устройства, установленные в пределах границ разбавления, должны соответствовать требованиям, указанным в 4.6.1, e). Объем в пределах границ разбавления должен быть классифицирован в соответствии с *ГОСТ IEC 60079-10-1*. НПВ для типичных газов приведены в *ГОСТ 31610.20-1*.

Примечание — Примерами нормальных внутренних выбросов являются протечки батареи топливных элементов через уплотнения без неисправности и без герметичных компонентов (см. 4.6.1, g) 2).

c) Корпуса с внутренними источниками выделения горючего газа/пара определяют как топливные отсеки. Топливные отсеки должны быть спроектированы таким образом, чтобы:

1) поддерживать концентрацию газовых смесей на уровне менее 25 % НПВ, за исключением пространства в границах разбавления;

2) ограничивать распространение границ разбавления пределами топливного отсека.

d) Методы поддержания нормальных внутренних выбросов на уровне ниже 25 % НПВ, за исключением границ разбавления, включают следующее:

1) контролируемое окисление нормальных внутренних выбросов.

Может быть реализовано путем установки постоянных и надежных источников зажигания и окислителя, обеспечивающих сгорание выделяемых газов, или путем использования устройств каталитического окисления.

Производитель должен гарантировать, что давления и температуры, возникающие при реагировании максимально возможного количества выбросов, могут удерживаться внутри топливного отсека, а детали, подвергаемые таким воздействиям, могут выдерживать такие давления и температуры;

2) разбавление воздухом нормальных внутренних выбросов.

Может быть реализовано путем принудительной вентиляции для разбавления воздухом нормальных выбросов до концентрации менее 25 % НПВ, за исключением границ разбавления. Во всех случаях минимальная производительность вентиляции должна соответствовать испытанию на допустимую скорость утечки, указанному в 5.4.

Вентилируемые топливные отсеки должны быть спроектированы для работы при меньшем давлении по сравнению с отсеками других типов в энергоустановке на основе топливных элементов и ее окружении. Это давление в топливном отсеке создается приточной или вытяжной вентиляцией, или другими установками. Правильная работа системы вентиляции должна быть подтверждена путем измерения расхода или давления. Нарушение вентиляции должно вызвать остановку технологического оборудования. Функции управления для обеспечения этой вентиляции должны соответствовать стандарту функциональной безопасности, как указано в 4.1. Если предусмотрены соответствующие средства для ограничения концентрации горючего газа ниже 25 % НПВ при всех условиях использования, кроме границ разбавления или как описано в 4.6.1, g), то топливные отсеки энергоустановок на основе топливных элементов не нуждаются в вентиляции при меньшем давлении.

Топливные отсеки, в которых для защиты от скопления горючих газов используется вентиляция, должны продуваться таким образом, чтобы концентрация этих газов в атмосфере была ниже 25 % НПВ.

Примечание — Одним из способов обеспечения этого является по крайней мере четырехкратная замена воздуха в пределах подходящего интервала времени, чтобы гарантировать этот результат.

Продувка будет проводиться до подачи питания на любые устройства, которые не подходят для классификации зоны согласно 4.6.1, b). Продувка не требуется, если атмосфера внутри отсека и связанных с ним воздуховодов может быть продемонстрирована конструктивно как безопасная. Все устройства, которые должны быть запитаны перед продувкой или для выполнения продувки, должны соответствовать требованиям, указанным в 4.6.1, e).

e) В зонах, классифицированных как опасные в 4.6.1, b), за исключением устройств, в которых используется метод защиты, описанный в 4.6.1, d), 1), изготовитель должен устранить источники зажигания, убедившись, что:

1) установленное электрическое оборудование соответствует классификации зоны согласно *ГОСТ IEC 60079-10-1*;

2) установленный электрический резистивный обогреватель, если таковой имеется, соответствует *ГОСТ 31610.30-1*;

3) температура поверхности не превышает 80 % температуры самовоспламенения горючего газа или пара, выраженной в градусах Цельсия. См. *ГОСТ 31610.20-1* для руководства по температуре самовоспламенения различных горючих жидкостей;

4) оборудование, содержащее материалы, способные катализировать реакцию горючих жидкостей с воздухом, должно быть способным подавлять распространение реакции от оборудования на окружающую легковоспламеняющуюся атмосферу;

5) оборудование должно быть сконструировано таким образом, чтобы при нормальных условиях эксплуатации была исключена опасность воспламенения от электростатических зарядов на внешних поверхностях оболочек. Указанное требование обеспечивают путем применения одного или нескольких способов согласно *ГОСТ 31610.0—2019*, пункт 7.4.2.

f) В отсеках, содержащих электрическое или механическое оборудование, должно поддерживаться большее давление по сравнению с соседними отсеками с источниками горючих газов или паров в соответствии с *ГОСТ IEC 60079-2*, если только оборудование не отвечает требованиям, указанным в 4.6.1, e).

g) Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть снабжена пассивными и активными средствами или их комбинацией для поддержания концентрации аномальных внутренних выбросов ниже 25 % НПВ, кроме границ разбавления.

Примечание — Аномальные внутренние выбросы включают утечку газа в условиях неисправности (например, предохранительный клапан, выпускающий газ в пространство топливного элемента).

1) в этом анализе внезапные и катастрофические отказы не должны рассматриваться как возможные выбросы, если защита от таких отказов уже предусмотрена в конструкции трубопроводов и оборудования, работающего под давлением (см. 4.5);

2) части газового контура, которые соответствуют следующим требованиям, не должны рассматриваться как потенциальные источники утечки:

I) в соответствии с *ГОСТ ISO 23550*;

II) сплошные трубопроводы, спроектированные в соответствии с правилами проектирования, указанными в 4.5;

3) «пассивные» средства включают, помимо прочего, механическое ограничение выбросов легковоспламеняющихся газов или паров до максимального значения за счет использования отверстий в трубах и аналогичных методов ограничения потока или соединений, постоянно закрепленных и сконструированных таким образом, чтобы они ограничивали скорость выброса до предсказуемого максимального значения;

4) «активные» средства могут включать в себя средства измерения и контроля расхода или наличие предохранительных устройств, таких как датчики горючих газов. Эти средства должны соответствовать требованиям, указанным в 4.9, и должны отключать энергоустановку на основе топливных элементов, если концентрация любого горючего газа в вентиляционном выхлопе превышает 25 % НПВ этого газа.

h) Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть рассчитана на безопасное рассеивание вентиляционных и технологических выхлопных потоков. В частности, для установок, предназначенных для работы внутри помещения системы вентиляции и выхлопа должны быть рассчитаны на подключение к дымоходу или вентиляционной системе.

i) Возможность статического разряда должна быть устранена путем надлежащего соединения и заземления металлических частей путем выбора материалов, которые не генерируют заряды, которые могут привести к возникновению искры, способной воспламенить горючую газовоздушную смесь. Также необходимо учитывать влияние скоростей потока в трубах, создающих возможные заряды.

j) Функция управления, цель которой — избежать превышения 25 % НПВ, (например, путем разбавления воздухом и/или измерения концентрации и отключения при превышении предела, должна быть разработана в соответствии с требованиями, указанными в 4.1).

Примечания

1 На поверхности трубок из неметаллических материалов, по которым проходит газообразный водород, может накапливаться электростатический заряд. Разрядов с поверхностей таких трубок может быть достаточно для воспламенения горючей смеси газа или пара в окружающей среде. В *ГОСТ IEC 60079-10-1* рассматриваются меры по устранению электростатических разрядов в зонах 1 и 2. Этого можно добиться, указав материал трубы с достаточной проводимостью или ограничив скорость потока газа значениями, ниже которых электростатический заряд не накапливается. Трубки, в которых используется система защиты от электростатического разряда (например, заземляющий провод или оплетка), не рассматриваются в *[6]—[37]* для местоположений в зоне 0.

2 Покрытия из металлической оплетки или токопроводящие провода внутри неметаллической стенки трубы могут увеличить вероятность электростатического разряда, если эти проводники отсоединятся от своего заземляющего проводника. Надежная фиксация заземляющих проводов в зонах 1 и 2 механическими средствами решает эту проблему.

4.6.2 Предотвращение возгорания и взрыва в горелках

a) Энергоустановки на основе топливных элементов должны быть спроектированы таким образом, чтобы избежать небезопасного накопления горючих или взрывоопасных газов в горелках (пусковых, основных и вспомогательных горелках секции риформинга, горелках хвостовых газов).

b) Основная горелка должна быть оборудована запальным пламенем или устройством для прямого зажигания.

c) Устройство прямого зажигания должно управляться автоматически и не должно вызывать износа горелки. Устройства прямого зажигания должны быть расположены строго по отношению к основным отверстиям горелки. Должны быть предусмотрены средства для предотвращения неправильной сборки или реверсивного монтажа любого устройства прямого зажигания по отношению к обслуживаемой горелке.

d) Запальное пламя должно управляться автоматически, и прямое зажигание должно зажигать любое топливо горелки запального пламени. Запальные горелки должны быть спроектированы и установлены таким образом, чтобы они располагались правильно по отношению к горелкам, которые они зажигают. Когда запальная горелка является составной частью пусковой горелки, ее необходимо оценивать только в соответствии с конструкционными и рабочими характеристиками, указанными в этом документе.

e) Автоматическая электрическая система управления горелкой должна соответствовать требованиям, указанным в 4.9.2, и должна быть установлена на горелке для обеспечения безопасного запуска, работы и отключения, включая блокировку, если это необходимо. Контроль пламени или окисления является неотъемлемой функцией этого контроля.

f) Запальное пламя или пламя основной горелки, или и то, и другое, должны контролироваться датчиком пламени или другими подходящими средствами. Если основная горелка зажигается запальной горелкой, наличие пламени на запальной горелке должно быть обнаружено до того, как газ поступит в основную горелку. Система с предварительным запальным пламенем должна обеспечивать наблюдение за пламенем основной горелки после периода установления пламени основной горелки.

g) Контролируемое запальное пламя должно обеспечивать эффективное воспламенение топлива в основной горелке, даже когда подача топлива в запальную горелку уменьшена до точки, когда факел запального пламени будет достаточным для включения контроля пламени в соответствии с *ГОСТ IEC 60730-2-5*.

h) Если тепловая мощность запального пламени не превышает 0,250 кВт нет требований к периоду установления пламени.

i) Если тепловая мощность запального пламени превышает 0,250 кВт, или если происходит прямое зажигание основной горелки, время блокировки запуска определяется изготовителем таким образом, чтобы в соответствии с испытанием на отложенное зажигание (см. 5.10.2.8) не возникало угроз безопасности или опасности для здоровья пользователя или повреждения энергоустановки на основе топливных элементов.

j) Каждая попытка зажигания основной горелки при помощи запального пламени или напрямую начинается с открытия топливных клапанов и заканчивается закрытием топливных клапанов. Искра должна продолжаться, по крайней мере, до возгорания или окончания периода установления пламени.

k) Зажигание основной горелки при помощи запального пламени или напрямую должно быть предпринято не более трех раз, каждый раз с последующим перезапуском системы управления горелкой. Большее количество попыток определяет производитель на основе анализа безопасности.

Отсутствие пламени в конце третьей попытки должно привести, как минимум, к блокировке.

l) В случае пропадания пламени система должна вызвать, как минимум, повторное зажигание, рециркуляцию или блокировку.

m) Время блокировки при пропадании пламени запальной или основной горелки не должно превышать трех секунд. Допускается более длительное время блокировки, определяемое изготовителем на основе анализа безопасности.

Исключение: первичный контроль безопасности не должен отключать все топливные предохранительные клапаны, если температура поверхностей полости горелки, с которыми контактирует горючая воздушно-топливная смесь, превышает температуру самовоспламенения топлива (см. 4.6.2, x).

n) Если происходит повторное зажигание в условиях испытания по 5.10.2, устройство прямого зажигания должно быть повторно включено в течение максимального времени одна секунда после исчезновения сигнала пламени. В этом случае период установления пламени такой же, как и при зажигании, и начинается при подаче питания на устройство зажигания. Отсутствие пламени в конце периода установления пламени должно приводить, как минимум, к блокировке.

o) Если происходит рециркуляция в условиях испытаний по 5.10.2, ей должны предшествовать прекращение подачи газа и продувка; последовательность зажигания должна возобновиться с самого начала. В этом случае период установления пламени такой же, как и при зажигании, и начинается при подаче питания на устройство зажигания. Рециркуляция должна быть предпринята максимум три раза, каждый раз с последующей продувкой. Отсутствие пламени в конце третьей попытки должно привести, как минимум, к блокировке.

p) Автоматическая электрическая система управления горелкой, как определено в *ГОСТ IEC 60730-2-5* должна быть устроена таким образом, чтобы предотвратить обратную связь от двигателя, конденсатора или аналогичного устройства, приводящего к включению топливного клапана или устройства зажигания после выполнения функции управления для отключения основной горелки.

q) Когда по соображениям безопасности требуется переход в пассивное состояние до запуска или после отключения, должны быть предусмотрены средства для автоматической продувки корпуса или кожуха горелки от любой горючей газовой смеси перед испытанием на воспламенение при пуске и между испытаниями рециркуляции. Эта продувка должна обеспечить, как минимум, четыре смены воздуха в камере сгорания. Выдуваемый воздух должен контролироваться функцией управления, связанной с безопасностью. Уровень безопасности должен основываться на оценке риска согласно 4.1.

r) Компоненты системы автоматического управления горелкой должны быть установлены таким образом, чтобы на работу этих устройств и зажигание основной горелки не влияли падающие частицы или конденсат во время нормальной работы.

s) Когда первичный воздух под давлением смешивается с подводимым топливом, должны быть предусмотрены эффективные средства для предотвращения прохождения воздуха в топливопровод или топлива в систему подачи воздуха. Подача топлива и воздуха должна надлежащим образом контролироваться для обеспечения потока воздуха перед зажиганием и предотвращения попадания топлива в каждую горелку установки риформинга до тех пор, пока не будет обеспечена подача воздуха, а в случае выхода из строя вентилятора подача топлива должна быть перекрыта.

t) Механическое соединение для управления подачей топлива и воздуха, если оно используется, должно быть спроектировано таким образом, чтобы надежно поддерживать правильное соотношение топливо/воздух и противостоять случайным поломкам и отсоединению.

u) После остановки опасные газы в технологической системе должны быть надежно изолированы, удалены или прореагированы.

v) Изготовитель должен обеспечить энергоустановку на основе топливных элементов соответствующими средствами для предотвращения попадания воздуха в трубопроводы, несущие горючий топливный или продуктовый газ, или попадания горючего топливного или продуктового газа в воздушные трубопроводы.

w) Энергоустановка на основе топливных элементов при заблокированном выпускном отверстии не должна создавать концентрацию монооксида углерода, превышающую 0,03 % в пробе выхлопных газов, не смешанных с воздухом, или как указано в нормативной документации, в соответствии с испытанием по 5.15.2.2. Кроме того, энергоустановка на основе топливных элементов не должна создавать концентрацию монооксида углерода, превышающую 0,03 % в пробе выхлопных газов не смешанных с воздухом, когда впускное отверстие для подачи воздуха заблокировано в соответствии с испытанием по 5.15.2.3.

x) Если температура камеры сгорания и частей камеры сгорания, непосредственно контактирующих с газовоздушной смесью, выше температуры самовоспламенения (измеряемой в °С) этой смеси, то система контроля пламени горелки может быть заменена контролем температуры камеры сгорания. Если температура падает ниже температуры самовоспламенения, то должны быть обесточены предохранительные запорные клапаны. Кроме того, включение газового потока должно происходить только после того, как будет достигнута температура самовоспламенения. Функция управления должна основываться на уровне безопасности, указанном в *ГОСТ IEC 60730-2-5*.

4.6.3 Предотвращение опасности возгорания и взрыва в системах каталитического окисления топлива (каталитические горелки)

a) В компонентах энергоустановки на основе топливных элементов, несущих жидкости, в которых преднамеренно производятся объемы легковоспламеняющихся или взрывоопасных газов для проведения контролируемой реакции каталитического окисления (например, частичного каталитического окисления, каталитического сжигания), изготовитель должен провести мероприятия по предотвращению образования горючей среды (*ГОСТ 12.1.044—89*, пункт 3.1) за счет накопления легковоспламеняющихся или взрывоопасных газов.

b) Если по соображениям безопасности до запуска или после остановки системы требуется переход в пассивное состояние, то должны быть предусмотрены средства для продувки компонентов системы каталитического окисления топлива. В системе продувки может использоваться среда, указанная изготовителем, такая как азот, воздух, пар или др. Степень продувки определяется с учетом характеристик потока, динамики и геометрии системы. Продувочный газ должен контролироваться функцией управления, связанной с безопасностью. Уровень безопасности должен основываться на оценке риска согласно 4.1.

c) Если воздух смешивается с топливом, производитель должен предоставить соответствующие средства для предотвращения обратного потока воздуха в топливопровод или подачи топлива в систему подачи воздуха.

1) для систем, насыщенных воздухом

Подача топлива и воздуха должна контролироваться надлежащим образом, чтобы обеспечить подачу воздуха до начала реакции и предотвратить попадание топлива в реактор до тех пор, пока не будет обеспечена подача воздуха.

2) для систем, насыщенных топливом

Подача топлива и воздуха должна контролироваться надлежащим образом, чтобы обеспечить подачу топлива до начала реакции и предотвратить попадание воздуха в реактор до тех пор, пока не будет обеспечена подача топлива.

d) Механическое соединение для управления подачей топлива и воздуха, если оно используется, должно быть спроектировано таким образом, чтобы надежно поддерживать правильное соотношение топлива и воздуха и противостоять случайной поломке и разъединению.

e) Время инициирования реакции должно определяться с учетом времени срабатывания устройств управления системой и времени, необходимого для создания максимально допустимого количества горючей или взрывоопасной смеси, которое может безопасно содержаться в системе, основываясь на расходе и воспламеняемости топливовоздушной смеси, динамике и геометрии системы.

f) Если каталитическая реакция не устанавливается в течение времени начала реакции, система должна автоматически перекрывать подачу топлива или, при работе со смесью, насыщенной топливом, подачу всех реагентов.

g) Температура катализатора должна контролироваться прямо или косвенно. Реакция не проходит, если температура или скорость изменения температуры катализатора выходят за пределы допустимого диапазона, указанного производителем. Затем система должна автоматически отключить подачу топлива или, при работе со смесью, насыщенной топливом, подачу всех реагентов. Время блокировки при отказе реакции не должно превышать три секунды. Допускается более длительное время блокировки, как это определено производителем на основе анализа безопасности.

h) Если смесь топлива и воздуха может потенциально накапливаться внутри энергоустановки на основе топливных элементов в результате невозможности запуска реакции в течение времени инициирования реакции либо прекращения реакции, либо снижения или увеличения скорости реакции до опасных уровней, производитель должен гарантировать, что максимальное количество легковоспламеняющейся смеси, которое достоверно может накапливаться при сгорании, создает такие давления и температуры, которые могут содержаться в компонентах установки, подверженных таким условиям.

i) После остановки опасные газы в технологической системе должны быть надежно локализованы или утилизированы.

j) В тех случаях, когда потоки воздуха и топлива находятся в тесном контакте как часть системы терморегулирования, производитель должен обеспечить энергоустановку на основе топливных элементов соответствующими средствами для предотвращения рисков для здоровья или безопасности, возникающих в результате попадания воздуха в топливопроводы или топлива в воздуховоды.

Примечание — 4.6.3 также применяется к каталитическому реактору анодных газов.

4.7 Электробезопасность

Проектирование и конструкция электрической системы, а также применение электрического и электронного оборудования, включая электродвигатели и корпуса, должны соответствовать требованиям соответствующего стандарта по применению электротехнической продукции; например:

a) *ГОСТ IEC 60335-1* (для жилых, коммерческих и легких промышленных предприятий);

b) *ГОСТ Р МЭК 60204-1* (крупные промышленные предприятия);

c) ГОСТ IEC 60950-1 или *ГОСТ IEC 62368-1* (телекоммуникации);

d) *ГОСТ IEC 62040-1* (например, ИБП).

Напряжение выше 600 В допустимо при отдельной оценке в соответствии со стандартами, соответствующими более высокому напряжению.

Примечания

1 *ГОСТ Р МЭК 60204-1* ограничивает это требование теми компонентами, которые предназначены для выполнения прямых функций безопасности (детекторы газа, предохранительные запорные клапаны, блокировки вентиляторов), или теми компонентами, при выходе которых из строя, может появиться угроза безопасности (пожар, удар, ожог). Последнее определяется посредством анализа безопасности согласно 4.1. Электрические компоненты, для которых нет применимого стандарта, могут соответствовать требованиям по гальванической развязке, утечке и зазорам, токам утечки, защите от сверхтоков, а также заземлению и образованию конденсата, которые содержатся в *ГОСТ IEC 60950-1* или *ГОСТ IEC 62368-1*, или в публикациях по групповой безопасности.

2 В некоторых случаях системный интегратор может спроектировать уникальные электрические компоненты или монтажную плату, для которых в настоящее время не существует стандарта, в этом случае проектные требования по электробезопасности можно найти в *ГОСТ IEC 60950-1* или *ГОСТ IEC 62368-1* или в базовых документах, публикациях по безопасности или групповых публикациях по безопасности. Выбор подходящего приложения будет указан в технической спецификации.

Разработчик топливных элементов должен также рассмотреть следующие специфические вопросы топливных элементов:

a) остаточный заряд батареи топливных элементов;

b) энергетическая опасность между ячейками.

4.8 Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Энергоустановка на основе топливных элементов не должна создавать электромагнитные помехи выше уровней, соответствующих ее предполагаемому месту использования. Кроме того, оборудование должно иметь достаточный уровень устойчивости к электромагнитным помехам, чтобы оно могло правильно работать в предполагаемой обстановке. Если это возможно, энергоустановка на основе топливных элементов должна соответствовать следующим стандартам: *ГОСТ IEC 61000-3-2*, *ГОСТ IEC 61000-3-3*, *ГОСТ Р 51317.3.4*, *ГОСТ IEC/TS 61000-3-5*, *ГОСТ 30804.3.11*, *ГОСТ 30804.6.1*, *ГОСТ 30804.6.2*, *ГОСТ IEC 61000-6-3—2016* и *ГОСТ IEC 61000-6-4*.

4.9 Системы управления и защитные компоненты

4.9.1 Общие требования

4.9.1.1 Оценка риска, указанная в 4.1, должна обеспечить основу для установки параметров защиты цепи безопасности.

4.9.1.2 Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть спроектирована таким образом, чтобы единичный отказ компонента не приводил к появлению опасной ситуации. Средства предотвращения каскадных отказов включают, но не ограничиваются следующими:

a) защитными устройствами в энергоустановке на основе топливных элементов (например, предохранительные устройства блокировки, устройства отключения);

b) защитной блокировкой электрической цепи;

c) использованием проверенных методик и комплектующих;

d) обеспечением частичного или полного резервирования или разнесения;

e) обеспечением функциональных тестов.

Оценка необходимых мер по предотвращению и/или контролю отказов, если они случаются, дана в соответствующих стандартах управления приложениями, как показано в 4.1.

4.9.2 Системы управления

4.9.2.1 Общие требования

Автоматические электрические и электронные средства управления энергоустановками на основе топливных элементов должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы они были безопасными и надежными. Энергоустановки на основе топливных элементов, производимые легкой промышленностью для жилых и коммерческих помещений, должны соответствовать стандарту *ГОСТ IEC 60730-1*.

Автоматические электрические системы управления горелкой должны соответствовать *ГОСТ IEC 60730-2-5*.

Системы автоматического электрического управления реакторами каталитического окисления должны соответствовать требованиям *ГОСТ IEC 60730-2-5*. Особые требования представлены в 4.6.3.

Ручные органы управления должны быть четко обозначены и спроектированы так, чтобы предотвратить случайную настройку и активацию.

В частности, применяют следующие требования.

4.9.2.2 Пуск

Запуск работы должен быть возможен только тогда, когда все средства защиты установлены и функционируют.

Должны быть предусмотрены соответствующие блокировки для обеспечения правильного последовательного запуска.

Возобновление работы автоматической установки в автоматическом режиме после остановки должно быть возможным только после выполнения условий безопасности. Должна быть также обеспе-

чена возможность перезапуска энергоустановки на основе топливных элементов путем преднамеренного приведения в действие средства управления, предусмотренного для этой цели, при условии, что такой перезапуск не представляет опасности.

Это требование не относится к перезапуску энергоустановки на основе топливных элементов в результате нормальной последовательности автоматического цикла.

4.9.2.3 Отключения

4.9.2.3.1 Общие положения

В соответствии с оценкой риска, указанной в 4.1, функциональные требования к энергоустановкам на основе топливных элементов предполагают наличие следующих отключений:

- Аварийное отключение

Аварийное отключение в случае работы со смесью, насыщенной воздухом, означает обесточивание средств подачи основного топлива, а в случае работы со смесью, насыщенной топливом, обесточивание средств подачи технологического воздуха и средств подачи основного топлива в результате действия ограничителя, отключения или обнаружения внутренней неисправности системы.

- Нормальное отключение

Нормальное отключение в случае работы со смесью, насыщенной воздухом, представляет собой обесточивание средств подачи основного топлива, а в случае работы со смесью, насыщенной топливом, обесточивание как потоков технологического воздуха, так и средств подачи основного топлива в результате размыкания контура управления устройством управления. Система возвращается в исходное положение.

4.9.2.3.2 Аварийное отключение

a) Общие положения

Аварийные отключения должны быть частью энергоустановки на основе топливных элементов, чтобы предотвратить реальную или надвигающуюся опасность, которая не может быть устранена органами управления. Эти функции должны:

1) остановить опасное состояние, не создавая дополнительных опасностей,
2) запускать или разрешать запуск определенных защитных действий, если это необходимо,
3) переопределить все другие функции и операции во всех режимах,
4) предотвратить перезапуск,
5) иметь блокировки перезапуска таким образом, чтобы новая команда запуска могла вступить в силу при нормальной работе только после того, как блокировки перезапуска были намеренно сброшены.

b) Аварийная остановка

Система ручного аварийного отключения (т. е. аварийной остановки), если ее наличие требует оценка рисков в 4.1, должна иметь четко идентифицируемые, хорошо видимые и быстро доступные средства управления в соответствии с *[38]*.

c) Функции управления в случае отказа систем управления

В случае сбоя в логике системы управления или выхода из строя, или повреждения аппаратной части системы управления:

1) нельзя препятствовать остановке энергоустановки на основе топливных элементов, после подачи команды на остановку,
2) автоматическая или ручная остановка движущихся частей должна быть беспрепятственной,
3) защитные устройства должны оставаться полностью эффективными,
4) энергоустановка на основе топливных элементов не должна неожиданно перезапуститься.

Когда защитное устройство или блокировка вызывают безопасное отключение энергоустановки на основе топливных элементов, в логику системы управления должен быть подан сигнал об этом состоянии. Сброс функции выключения не должен инициировать какие-либо опасные условия. Системы управления и/или мониторинга, которые могут безопасно работать в опасной ситуации, могут быть оставлены под напряжением для предоставления системной информации.

4.9.2.3.3 Нормальное выключение

Неисправности, которые можно безопасно контролировать или которые не представляют непосредственной опасности, могут быть исправлены путем нормального отключения. Нормальное отключение может полностью отключить питание оборудования или оставить питание для исполнительных механизмов энергоустановки на основе топливных элементов.

4.9.2.4 Разрешающие условия

Разрешающие условия должны быть реализованы в соответствии с требованиями, установленными на основе оценки рисков, описанной в 4.1.

4.9.2.5 Сложные установки

Если энергоустановка на основе топливных элементов предназначена для работы вместе с другим оборудованием, функция отключения энергоустановки на основе топливных элементов, включая аварийную остановку, должна быть обеспечена средствами, такими как сигнальные интерфейсы, чтобы обеспечить скоординированное отключение с оборудованием, находящимся выше по потоку и/или ниже по потоку, если применимо, от энергоустановки на основе топливных элементов, если продолжение работы может быть опасным.

4.9.2.6 Режимы работы

a) Режимы работы энергоустановок на основе топливных элементов включают в себя:

1) рабочее состояние (значительная выходная электрическая мощность),

2) предгенерационное состояние (нулевая полезная выходная мощность).

Нерабочие режимы могут включать:

- холодное состояние,
- пассивное состояние,
- состояние хранения.

b) Должно быть два основных перехода: запуск и остановка:

1) запуск — это переход из НЕРАБОЧЕГО в РАБОЧИЙ РЕЖИМ; должен инициироваться внешним сигналом;

2) остановка — это автоматический переход из РАБОЧЕГО в НЕРАБОЧИЙ РЕЖИМ. Остановка может быть инициирована внешним сигналом либо внутренним сигналом контроллеру энергоустановки на основе топливных элементов в ответ на появление условий эксплуатации, выходящих за установленные.

c) При необходимости могут быть предусмотрены вторичные режимы работы и переходы, например для обеспечения различной выходной мощности или для действий по регулировке, техническому обслуживанию или осмотру.

d) Выбор режима

Если энергоустановка на основе топливных элементов была спроектирована и построена так, чтобы ее можно было использовать в нескольких режимах управления или эксплуатации, представляющих разные уровни безопасности (например, для обеспечения возможности регулировки, технического обслуживания, проверки и т. д.), она должна иметь переключатель режимов, который можно зафиксировать в каждом положении. Каждое положение переключателя должно соответствовать одному режиму работы или режиму управления и должно быть снабжено блокировками перезапуска. Новая команда пуска может вступить в силу при нормальной работе только после преднамеренного сброса блокировок перезапуска. Выбор режима должен быть разрешен с помощью любых средств защиты, таких как позиционирующая ручка, блокировка клавиш или программная команда, для предотвращения непреднамеренного переключения на другой режим, которое может привести к опасным условиям. Переключатель может быть предназначен для ограничения доступа пользователя к определенным режимам работы энергоустановки на основе топливных элементов (например, кодам доступа к определенным функциям с цифровым управлением).

Выбранный режим должен преобладать над всеми другими системами управления, за исключением аварийного отключения.

4.9.2.7 Системы удаленного контроля и управления

Энергоустановки на основе топливных элементов, которые могут управляться дистанционно, должны иметь местный маркированный выключатель или другие средства для отключения энергоустановки на основе топливных элементов от дистанционного управления на время, пока местный оператор выполняет осмотр или техническое обслуживание. Системы дистанционного контроля и управления должны:

a) быть разрешенными для использования в энергоустановках на основе топливных элементов только в тех случаях, когда дистанционное управление не приведет к возникновению небезопасных условий.

b) не отменять локально установленные средства защиты безопасности.

4.9.3 Защитные компоненты

4.9.3.1 Общие положения

Подходящие защитные устройства и их комбинации включают соответствующие устройства контроля, такие как индикаторы и/или сигнализаторы, которые позволяют предпринимать адекватные действия автоматически либо вручную, чтобы поддерживать энергоустановку на основе топливных элементов в допустимых пределах.

Защитные устройства должны:

a) быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы быть надежными и подходящими для предполагаемых задач, а также учитывать требования к техническому обслуживанию и испытаниям устройств, где это применимо;

b) выполнять свои защитные функции независимо от других возможных функций;

c) соответствовать соответствующим принципам проектирования для получения подходящей и надежной защиты. Эти принципы включают, в частности, отказоустойчивые режимы, резервирование, разнообразие и самодиагностику.

Возникновение опасных перегрузок оборудования должно быть предотвращено на этапе проектирования путем установки устройств измерения, регулирования и контроля, таких как выключатели перегрузки по току, ограничители температуры, дифференциальные реле давления, расходомеры, реле задержки времени, датчики превышения скорости и/или аналогичные типы контролирующих устройств.

Защитные устройства с измерительной функцией должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы они могли соответствовать прогнозируемым эксплуатационным требованиям и особым условиям использования. При необходимости должна быть обеспечена возможность проверки точности показаний и исправности приборов. Коэффициент безопасности этих приборов должен гарантировать, что порог срабатывания сигнализации находится достаточно далеко за пределами измерения, принимая во внимание, в частности, условия эксплуатации установки и возможные отклонения в измерительной системе. Если защитное устройство управления состоит из электронных компонентов, оно должно быть спроектировано в соответствии с требованиями, указанными в 4.1.

4.9.3.2 Тип компонентов

Следующие компоненты должны соответствовать соответствующим мерам безопасности, указанным в следующих стандартах, чтобы гарантировать результаты 4.1.

a) Устройства ограничения давления, такие как реле давления, должны соответствовать *ГОСТ IEC 60730-2-6*.

b) Устройства контроля температуры должны иметь достаточно безопасное время отклика, соответствующее функции измерения, в соответствии с *ГОСТ IEC 60730-2-9*.

c) В энергоустановках на основе топливных элементов в качестве защитного компонента для предотвращения возможной утечки газа могут быть использованы газовые детекторы. Детектор газа, если он используется в энергоустановке на основе топливных элементов, должен соответствовать *ГОСТ Р ИСО 26142—2013*, *ГОСТ IEC 60079-29-1* или *ГОСТ ISO 23550* в сочетании с *ГОСТ IEC 60730-1* на основе результатов оценки риска в соответствии с 4.1 и указанными стандартами там, где это уместно.

d) Контур управления газовым датчиком (чувствительный элемент, электронная схема, перекрытие подачи топлива) должен быть отказоустойчивым и спроектирован в соответствии с требованиями 4.1.

e) Все части энергоустановок на основе топливных элементов, которые устанавливают или регулируют на стадии производства и которые не должны подвергаться манипуляциям со стороны пользователя или установщика, должны быть надлежащим образом защищены.

f) Рычаги и другие устройства управления и настройки должны иметь четкую маркировку и соответствующие инструкции во избежание ошибок при обращении с ними. Их конструкция должна исключать случайные манипуляции.

4.10 Пневматическое и гидравлическое оборудование

Пневматическое и гидравлическое оборудование энергоустановок на основе топливных элементов должно быть спроектировано в соответствии с *[39]* и *[40]* соответственно.

4.11 Клапаны

4.11.1 Запорные клапаны

a) Запорные клапаны должны быть предусмотрены для всего оборудования и систем, в которых требуется локализация или блокирование потока технологической среды во время остановки, испытаний, технического обслуживания, сбоя или аварийных ситуаций.

b) Запорные клапаны должны быть рассчитаны на рабочее давление, температуру и характеристики подаваемой среды.

c) Приводы, установленные на запорных клапанах, должны быть рассчитаны на такую температуру, чтобы выдерживать местную температуру окружающей среды и дополнительное тепло, отводимое от корпуса клапана.

d) Запорные клапаны с электрическим, гидравлическим или пневматическим управлением должны быть такими, которые будут перемещаться в безопасное положение при потере энергии срабатывания.

4.11.2 Топливные клапаны

Клапаны подачи топлива должны соответствовать следующим требованиям:

a) Все топливо, подаваемое в энергоустановку на основе топливных элементов, должно проходить через, по крайней мере, два последовательно включенных автоматических клапана, каждый из которых служит в качестве предохранительного запорного клапана, а также может служить рабочим регулирующим клапаном.

b) Любое топливо, подаваемое непосредственно в оборудование, работающее на топливе, такое как пусковой котел или пусковая горелка установки риформинга, также должно проходить по крайней мере через два последовательно включенных автоматических клапана, каждый из которых служит в качестве рабочего клапана и предохранительного запорного клапана. Эти клапаны могут входить, а могут и не входить в состав одного управляющего органа.

c) Клапаны подачи топлива с электрическим приводом должны соответствовать требованиям *ГОСТ ISO 23551-1* или *[41]*.

d) Если топливные газы рециркулируются из приборов, использующих выходной газ энергоустановки на основе топливных элементов, в соединении могут не использоваться запорные клапаны, если в соответствии с оценкой риска в 4.1 доказано, что такое соединение безопасно.

e) Ручные запорные клапаны для легковоспламеняющихся газов должны соответствовать их предполагаемому применению в соответствии с *ГОСТ ISO 23550*.

4.12 Оборудование с вращающимися частями

4.12.1 Общие требования

a) Оборудование с вращающимися частями должно быть рассчитано на давление, температуру и воздействие среды, которым оно может подвергаться при нормальных условиях эксплуатации.

b) Входные и выходные линии среды должны быть надлежащим образом защищены от вибрационных повреждений.

c) Уплотнения вала должны быть совместимы с перекачиваемыми средами и рабочими температурами и давлениями, ожидаемыми при нормальной работе и нештатных ситуациях, а также во время нормальных и аварийных отключений.

d) Уплотнения вала должны быть спроектированы таким образом, чтобы исключить утечку опасных сред. Если через уплотнения вала происходит утечка опасных сред, производитель должен предоставить средства для удержания или разбавления опасной среды, если это необходимо, чтобы избежать риска для здоровья или безопасности.

e) Двигатели, подшипники и уплотнения должны соответствовать ожидаемым рабочим циклам.

4.12.2 Компрессоры

4.12.2.1 При необходимости, блочные компрессоры должны соответствовать одному из следующих стандартов: *[42]*, *[43]—[46]*, *[47]*, *ГОСТ 31843*, *[48]*, *[49]* или *ГОСТ Р 54802*.

4.12.2.2 Компрессоры или компрессорные системы должны быть снабжены следующим (за исключением тех случаев, когда при оценке рисков 4.1 их наличие оказалось необязательным):

a) Устройствами сброса давления, ограничивающими давление каждой ступени цилиндра сжатия и трубопроводов, связанных с этой ступенью сжатия.

Это требование применяется только в том случае, если компрессорное оборудование способно создавать давление, превышающее расчетное.

b) Системой автоматического отключения при высоком давлении нагнетания и низком давлении всасывания.

c) При необходимости повторного запуска компрессора после остановки разгрузочным устройством, которое улавливает и рециркулирует продувочный газ для повторного использования и/или безопасного сброса.

d) Устройством ограничения давления для предотвращения избыточного давления на входе.

4.12.2.3 Компрессоры, исключенные из области применения стандартов, указанных в 4.12.2.1, из-за малой производительности или низкого давления нагнетания, должны соответствовать только требованиям, указанным в 4.12.2.2.

Компрессоры с низким давлением нагнетания (вентиляторы и нагнетатели) в блочном исполнении должны быть защищены в соответствии с *ГОСТ 34343* (см. также 4.4.4).

4.12.3 Насосы

4.12.3.1 Электронасосы для технологических сред должны соответствовать *ГОСТ 32601* или *[50]*.

Электронасосы для воды должны соответствовать *ГОСТ IEC 60335-2-51*.

4.12.3.2 В электронасосах и системах электронасосов должны быть предусмотрены следующие устройства:

a) Ограничители давления, которые ограничивают давление на входе и на выходе насоса на уровне 80 % от расчетного давления трубопровода. Если давление отключения электронасоса ниже, чем расчетное давление трубопровода, то предохранительные клапаны не требуются.

b) Устройство автоматического отключения при высоком давлении на выходе.

4.12.3.3 Насосы, не подпадающие под действие стандартов, указанных в 4.12.3.1, из-за малой производительности или низкого давления на выходе должны соответствовать требованиям, которые изложены в 4.12.3.2 и 4.7.

4.13 Кожухи

4.13.1 Кожухи энергоустановок на основе топливных элементов должны обладать достаточной прочностью, жесткостью, долговечностью, коррозионной стойкостью и другими физическими свойствами, чтобы поддерживать и защищать все компоненты энергоустановки на основе топливных элементов, и трубопроводы, а также должны соответствовать требованиям условий хранения, транспортировки, монтажа и окончательного размещения.

4.13.2 Кожухи энергоустановок на основе топливных элементов, предназначенные для использования внутри помещений или в условиях, защищенных от погодных условий на открытом воздухе, должны быть спроектированы и испытаны таким образом, чтобы соответствовать минимальному рейтингу IP20 в соответствии с *ГОСТ 14254*.

4.13.3 Энергоустановка на основе топливных элементов, предназначенная для использования на открытом воздухе, должна быть спроектирована и испытана так, чтобы соответствовать минимальному классу IP23.

4.13.4 Вентиляционные отверстия должны быть спроектированы таким образом, чтобы во время нормальной работы они не были заблокированы пылью, снегом или растительностью в соответствии с предполагаемым применением.

4.13.5 Все материалы, используемые для изготовления кожухов, включая соединения, вентиляционные отверстия и уплотнения дверей, должны быть способны выдерживать физические, химические и термические условия, которые можно предвидеть в течение всего срока службы энергоустановки на основе топливных элементов.

4.13.6 Панели доступа, крышки или изоляция, которые необходимо снимать для нормального обслуживания и доступа, должны быть спроектированы таким образом, чтобы повторное снятие и замена не приводили к повреждению или ухудшению изоляционных свойств.

4.13.7 Панели доступа, крышки или изоляция, которые необходимо снять для нормального обслуживания и доступа, не должны быть взаимозаменяемыми, если такая замена может привести к небезопасным условиям.

4.13.8 Любая панель доступа, крышка или дверь, которые предназначены для защиты оборудования от проникновения, должны иметь средства для удержания их на месте и требовать использования инструмента, ключа или аналогичных механических средств для открытия. Для установок, используемых в жилых помещениях это требование относится ко всем панелям доступа, крышкам и двери.

4.13.9 Должны быть предусмотрены средства для слива собранных жидкостей и их отвода наружу для удаления или перенаправления на процессы, связанные с энергоустановкой на основе топливных элементов.

4.13.10 В тех случаях, когда персонал может полностью войти в кожух, процедуры доступа должны быть предусмотрены в технической документации на изделие.

4.14 Теплоизоляционные материалы

Системы изоляции, используемые в энергоустановках на основе топливных элементов, должны быть спроектированы таким образом, чтобы система имела:

- химическую совместимость с изолируемыми металлами, атмосферными и температурными воздействиями, которым будет подвергаться система, а также различными компонентами самой системы изоляции;
- защиту систем изоляции от ожидаемых термических и механических воздействий (включая повреждения, вызванные атмосферными условиями);
- пожарную безопасность за счет ограничения температуры поверхности тепловыделяющих объектов для предотвращения воспламенения материалов, находящихся рядом с ними;
- доступность трубопроводов, фитингов и т. д. Для целей технического обслуживания в будущем.

В частности, теплоизоляционные материалы, а также средства их внутреннего скрепления или клеевого крепления, установленные на компонентах энергоустановки на основе топливных элементов должны:

- удерживаться на месте механически или с помощью клея и должны быть защищены от смещения или повреждения в результате ожидаемых нагрузок и эксплуатации,
- выдерживать все скорости воздуха, температуры и жидкости, которым они могут подвергаться при нормальной эксплуатации.

При необходимости, чтобы избежать опасности для здоровья и безопасности, производитель должен указать в руководстве по техническому обслуживанию проверку системы теплоизоляции и требования безопасности.

4.15 Вспомогательные устройства

4.15.1 Общие требования

Энергоустановка на основе топливных элементов, должна быть спроектирована и изготовлена таким образом, чтобы в случае потери электроснабжения система не вызывала:

a) любые опасности для здоровья, безопасности или окружающей среды;

b) необратимое повреждение системы.

4.15.2 Водоснабжение

a) Если для работы энергоустановки на основе топливных элементов требуется вода, то она должна подаваться через подключение к местному водопроводу в соответствии с местными правилами или через автономный источник. В качестве альтернативы должно быть показано, что во время работы энергоустановки выделяется достаточное количество воды.

b) Необходимо предотвратить загрязнение технической водой источников питьевой воды в соответствии с местными правилами.

c) Если это возможно, должны быть предусмотрены средства для предотвращения обратного потока пара в систему водоподготовки энергоустановки на основе топливных элементов. Для этой цели может использоваться подходящий обратный клапан или эквивалентное устройство.

4.15.3 Подача топливного газа

Если это возможно, должны быть предусмотрены средства, предотвращающие обратный поток топливного или продувочного газа в источник топлива.

4.15.4 Электрические соединения

4.15.4.1 Розетка для технического обслуживания

Розетка для технического обслуживания или схема освещения, без средств отключения, может быть частью энергоустановки на основе топливных элементов, при условии, что:

a) напряжение не превышает номинальное напряжение бытовой сети,

b) розетка заземлена,

c) розетка расположена так, чтобы не представлять опасности при обслуживании энергоустановки на основе топливных элементов,

d) рядом с розеткой расположена соответствующая маркировка, указывающая ограничение напряжения и тока розетки.

4.15.4.2 Отключение питания от сети

4.15.4.2.1 Блокировки

Любые устройства отключения электроэнергии, предназначенные для отключения питания в целях обеспечения безопасности обслуживающего персонала, должны быть снабжены средствами физической блокировки такого устройства отключения, для того чтобы предотвратить случайное повторное подключение к сети до того, как обслуживание будет завершено.

Примечание — Могут быть предоставлены инструкции, разрешающие обслуживание конкретных частей оборудования с замыканием или без размыкания устройства отключения.

4.15.4.2.2 Устройства отключения

Должны быть предусмотрены устройства отключения для отключения энергоустановки на основе топливных элементов от источников переменного или постоянного тока для проведения обслуживания. Средства изоляции могут быть расположены в зоне доступной для обслуживания либо вне оборудования. Устройство отключения должно соответствовать категории при применении по назначению. Если в оборудование встроено устройство отключения, оно должно быть подключено как можно ближе к вводу электропитания. Разрешено использование функциональных переключателей в качестве устройств отключения при условии, что эти переключатели отвечают всем требованиям, предъявляемым к таким устройствам. Для стационарных энергоустановок на основе топливных элементов устройство отключения должно быть встроено в оборудование, если к оборудованию не прилагаются инструкции по установке, в которых указано, что соответствующее устройство отключения должно быть установлено вне оборудования.

4.15.4.2.3 Части, которые остаются под напряжением

Части устройства отключения, к которым подводится питание и которые остаются под напряжением, когда устройство отключения находится в состоянии «выключено», должны быть ограждены и маркированы таким образом, чтобы уменьшить вероятность случайного прикосновения обслуживающего персонала.

4.15.4.2.4 Работа устройства отключения

Если управление устройством отключения осуществляют путем перемещения в вертикальной плоскости (а не вращением или путем перемещения в горизонтальной плоскости), то положение «ВВЕРХ» должно соответствовать состоянию устройства отключения «ВКЛ».

4.15.4.2.5 Трехфазное оборудование

Если используется трехфазное оборудование, то устройство отключения должно одновременно отключать все линейные проводники сети переменного тока. Если оборудование требует подключения нейтрали к системе распределения электроэнергии, устройство отключения должно быть четырехполюсным и отключать все линейные проводники и нейтральный проводник. Если это четырехполюсное устройство не предусмотрено в оборудовании, в инструкциях по установке должна быть указана необходимость обеспечения устройства, внешнего по отношению к оборудованию. Если устройство отключения обесточивает проводник нейтрали, оно должно одновременно обесточить все линейные проводники.

4.15.4.2.6 Однофазное оборудование и оборудование постоянного тока

Устройство отключения, если оно предусмотрено в составе установки, должно отключать оба полюса одновременно, за исключением следующих случаев:

a) если можно полагаться на идентификацию заземленного проводника в сети постоянного тока или заземленной нейтрали в сети переменного тока, то разрешается использовать однополюсное устройство отключения, которое отключает незаземленный провод, или

b) если невозможно полагаться на идентификацию заземленного проводника в сети постоянного тока или заземленной нейтрали в сети переменного тока и оборудование не оснащено двухполюсным устройством отключения, инструкции по установке должны указать, что двухполюсное устройство отключения должно быть установлено вне оборудования.

4.15.4.3 Защитное отключение — Аварийная остановка

Средства ручного аварийного отключения (т. е. аварийной остановки), если их наличие требует оценка риска в 4.1, должны иметь четко идентифицируемые, хорошо видимые и быстро доступные элементы управления, такие как кнопки, в соответствии с *[38]*. Если генератор на основе топливных элементов снабжен встроенным одиночным устройством аварийной остановки или выводами для подключения удаленного устройства аварийной остановки, электрическая схема установки должна предотвращать дальнейшую подачу питания в любом режиме работы. Если необходимо дополнительное

отключение подачи энергии при помощи электропроводки здания, это должно быть указано в инструкции по установке. Для генераторов на основе топливных элементов с вилкой не требуется устройство аварийного отключения, если вилка может выполнять ту же функцию.

4.16 Установка и обслуживание

4.16.1 Установка

Изготовитель должен предоставить инструкции по правильной установке, настройке, эксплуатации и техническому обслуживанию энергоустановки на основе топливных элементов.

Ошибки, которые могут быть сделаны при установке или переустановке определенных частей, которые могут быть источником риска, должны быть сведены к минимуму за счет конструкции таких частей или, в противном случае — за счет информации, указанной на самих деталях и/или корпусах. Такая же информация должна быть предоставлена для движущихся частей и/или их корпусов, направление движения которых должно быть известно во избежание риска. Любая дополнительная информация, которая может потребоваться, должна быть указана в инструкциях.

Там, где неправильное соединение может быть источником риска, возможность неправильного соединения должна быть сведена к минимуму за счет конструкции или, в противном случае, с помощью информации, указанной на трубах, кабелях и т. д. и/или соединительных блоках.

4.16.2 Техническое обслуживание

a) Места регулировки, смазки и технического обслуживания должны располагаться вне зон, в которых человек подвергается риску травмирования или причинения вреда здоровью; или должны быть предоставлены соответствующие инструкции в руководстве по техническому обслуживанию продукта, указанном в 7.4.5, если это необходимо для предотвращения рисков для здоровья или безопасности.

b) Должна быть обеспечена возможность проведения операций по регулировке, техническому обслуживанию, ремонту, очистке и сервисному обслуживанию в момент, когда энергоустановка на основе топливных элементов остановлена. Если регулировка, техническое обслуживание, ремонт, очистка должны быть проведены при работающей энергоустановке на основе топливных элементов, то она должна быть спроектирована таким образом, чтобы эти функции могли быть выполнены без риска получения травмы.

c) Компоненты автоматизированной энергоустановки на основе топливных элементов, которые необходимо часто заменять, должны сниматься и заменяться без риска получения травмы. К компонентам должен быть обеспечен доступ, позволяющий выполнить эти задачи с помощью необходимых технических средств (инструментов, измерительных приборов и т.п.) в соответствии с технической документацией на изделие.

d) Если для защиты здоровья инструкции или схемы по технике безопасности должны быть прикреплены к энергоустановке на основе топливных элементов, то способ их отображения должен быть постоянным и устойчивым к условиям окружающей среды или защищенным от них.

4.17 Эквивалентная безопасность

Требования этого стандарта не распространяются на ограничения инноваций. При рассмотрении видов топлива, материалов или конструкций, которые специально не рассматриваются в настоящем стандарте, эти альтернативы должны оцениваться с точки зрения их способности обеспечивать уровни безопасности и производительности, эквивалентные уровням, указанным в настоящем стандарте.

5 Типовые испытания

5.1 Общие требования

5.1.1 Общие положения

Образец, представляющий продукцию, должен быть исследован на соответствие настоящему стандарту.

Каждая новая конструкция должна быть подвержена типовым испытаниям. Компоненты, составляющие систему, которые были предварительно сертифицированы, не нуждаются в повторном тестировании, если они применяются в рамках своих номинальных требований.

Для получения требуемых рабочих условий типовые испытания должны быть проведены в испытательных средах, имитирующих среды, для которых спроектирована энергоустановка на основе топливных элементов. В частности, испытательная среда должна обеспечивать на границах интерфейсы,

соответствующие предполагаемой области применения энергоустановки на основе топливных элементов (см. рисунок 1). Рекомендуется проводить типовые испытания в порядке, описанном в 5.4—5.21. Типовые испытания в ненормальных условиях могут иметь разрушительные последствия.

Контрольные измерения должны быть преобразованы к следующим стандартным условиям:

- температура 15 °С;
- давление 101,325 кПа.

5.1.2 Рабочие параметры для испытаний

5.1.2.1 Если в настоящем стандарте не указаны особые условия проведения испытаний, то таковые должны быть сформулированы на основе наиболее неблагоприятной комбинации рабочих характеристик, данных производителем, и параметров, изложенных ниже:

a) напряжение питания;

b) частота питания;

c) физическое расположение оборудования и положение подвижных частей;

d) режим работы;

e) регулировка термостатов, регулирующих устройств или аналогичных средств управления в зонах, доступных пользователю, которые

1) регулируются без использования инструмента, или

2) регулируется с помощью специально предоставленных пользователю средств, таких как ключ или инструмент.

5.1.2.2 Если иное не указано в конкретных разделах, измерения должны быть выполнены с указанной ниже максимальной погрешностью:

a) атмосферное давление, Па	± 0,5 кПа:
b) давление в камере сгорания и испытательном газоотводе,	
Па, ± 5 % от полной шкалы или	± 50 Па;
c) давление газа, Па	± 2 % от полной шкалы;
d) падение давления воды, Па,	± 5 %;
e) расход воды, $м^3$/ч,	± 2 %;
f) расход газа, $м^3$/ч,	± 2 %;
g) расход воздуха, $м^3$/ч,	± 2 %;
h) время, ч,	
- для времен зажигания	± 0,2 с;
- для всех остальных времен	± 0,1 %;
i) электрическая энергия, кВт · ч	± 2 %.

Измерительный диапазон приборов должен быть выбран так, чтобы он соответствовал максимальному ожидаемому значению.

Для определения скорости утечки используется метод, точность которого дает погрешность ее определения не более 2 % от соответствующего объема в час.

Указанные погрешности измерений относятся к отдельным измерениям. Для измерений, требующих комбинации отдельных измерений (например, измерений эффективности), может быть необходимо проведение отдельных измерений с большей точностью для ограничения общей погрешности.

5.1.2.3 Нормальные рабочие напряжения определяются техническими характеристиками производителя.

5.2 Испытательные топлива

5.2.1 Энергоустановка на основе топливных элементов, работающая на природном газе, должна пройти испытания, указанные ниже в подпунктах a) — f), с газом, состав и давление подачи которого соответствуют коммерчески доступному природному газу. Испытания должны быть проведены при максимальном и минимальном ожидаемом давлении газа. Если того требует страна назначения, то с предельными газами также должны быть проверены:

a) рабочие характеристики горелки (5.9);

b) эффективное зажигание (5.10.2.2);

c) изменение напряжения зажигания (5.10.2.3);

d) переработка или искровое восстановление (5.10.2.6);

e) уменьшение запального пламени (5.10.2.7);

f) отложенное зажигание (5.10.2.8).

5.2.2 Энергоустановка на основе топливных элементов, работающая на сжиженных нефтяных газах, должна пройти испытания, указанные ниже в подпунктах a)—f), с газом, состав и давление подачи которого соответствуют таковым для коммерчески доступного сжиженного нефтяного газа. Испытания должны быть проведены при максимальном и минимальном ожидаемом давлении газа. Если этого требует страна назначения, также должны быть проверены с предельным газом, н-бутаном:

a) рабочие характеристики горелки (5.9);

b) эффективное зажигание (5.10.2.2);

c) изменение напряжения зажигания (5.10.2.3);

d) переработка или искровое восстановление (5.10.2.6);

e) уменьшение запального пламени (5.10.2.7);

f) отложенное зажигание (5.10.2.8).

5.2.3 Энергоустановка на основе топливных элементов, работающая на других видах топлива (см. раздел 1), должна быть испытана с использованием испытательного топлива, состав и характеристики подачи которого соответствуют характеристикам топлива, используемого в данной энергоустановке. Если энергоустановка может работать на топливе разного состава, то в крайних точках его диапазона должны быть проверены:

a) рабочие характеристики горелки (5.9);

b) эффективное зажигание (5.10.2.2);

c) изменение напряжения зажигания (5.10.2.3);

d) переработка или искровое восстановление (5.10.2.6);

e) уменьшение запального пламени (5.10.2.7);

f) отложенное зажигание (5.10.2.8).

5.3 Основные схемы испытаний

При проведении испытаний вся энергоустановка на основе топливных элементов, включая любые воздушные фильтры, пусковые устройства, вентиляционные или выхлопные системы, а также все оборудование, поставляемое на месте, должна быть установлена и эксплуатироваться в соответствии с инструкциями производителя.

Если не указано иное, энергоустановка на основе топливных элементов должна работать:

a) при входном давлении, определенном в 5.2;

b) в пределах ± 5 % номинального напряжения и частоты и в пределах ± 10 % номинальной выходной мощности, указанной изготовителем;

c) в пределах ± 5 % от номинального расхода топлива при работе в номинальных условиях;

d) при температуре и давлении окружающей среды, которые не ухудшают результаты испытаний.

Испытания должны начинаться, когда компоненты энергоустановки на основе топливных элементов, достигают равновесной температуры, если не указано иное.

5.4 Испытания герметичности

5.4.1 Общие положения

Процедуры, описанные в 5.4, должны быть выполнены дважды: до и после проведения всех испытаний, не разрушающих систему, указанных в 5.6—5.21.

5.4.2 Испытания воздушной герметичности

5.4.2.1 Общие положения

Утечка из частей энергоустановки на основе топливных элементов, подвергаемых этому испытанию, не должна превышать предела, указанного ниже, при проведении испытаний с использованием соответствующих газов или паров (например, номинальных рабочих газов, чистого сухого воздуха или инертного газа, указанного производителем), которые идентичны по составу, ожидаемому при работе и остановке.

К контуру подачи газа применяется только критерий годен/негоден, указанный в таблице 2, например «отсутствие пузырьков».

Перед проведением этого испытания необходимо установить, какие компоненты находятся под одинаковым давлением во время нормальной работы энергоустановки на основе топливных элемен-

тов. Эти компоненты должны составлять отдельную испытуемую секцию, давление в которую должно подаваться отдельно, и, если это будет сочтено необходимым, то эта секция должна быть изолирована от остальной части энергоустановки на основе топливных элементов любым удобным способом.

К входу испытуемой секции должны быть подключены подходящая система нагнетания, способная подавать газообразную среду при требуемом давлении, и подходящее устройство для измерения расхода, способное измерять скорость утечки с точностью не менее 2 %. Устройство для измерения расхода должно быть расположено между системой нагнетания и испытуемой частью, в которой повышается давление. Выход испытуемой секции должен быть загерметизирован любым удобным способом. Все функциональные части должны быть приведены в открытое положение так, чтобы во всех частях испытуемой секции установилось требуемое давление. В качестве альтернативы может быть использовано другое средство обнаружения утечки, например устройство понижения давления.

Газообразная среда должна поступать в испытуемую секцию так, чтобы постепенно устанавливалось равномерное избыточное давление не ниже давления, указанного в таблице 2. Давление должно поддерживаться в течение не менее 10 мин, при этом любая утечка, отмечается устройством для измерения расхода.

5.4.2.2 Метод тестирования 1

Если для компенсации утечки топлива используется естественная вентиляция, допустимая утечка должна определяться с помощью газоанализатора, чтобы гарантировать, что локальная концентрация горючих веществ не превышает 25 % нижнего предела воспламеняемости (НПВ) в неклассифицированной зоне, как определено в 4.6.

5.4.2.3 Метод тестирования 2

Если для компенсации утечки топлива используется принудительная вентиляция, допустимую скорость утечки определяют по формуле

$$L = 0{,}01 \cdot (V/R), \tag{3}$$

где L — допустимая скорость утечки, выраженная в $м^3/ч$, для каждой части или всех частей соответственно;

V — минимальная производительность вентиляции, выраженная в $м^3/ч$;

R — параметр, вычисляемый по формуле

$$R = (\mathrm{TGSG}/\mathrm{FGSG})^{1/2}, \tag{4}$$

где TGSG — удельный вес испытательного газа;

FGSG — удельный газ, используемый в качестве топлива; или

$$R = (\mu_{тест}/\mu_{топл}), \tag{5}$$

где $\mu_{тест}$ — абсолютная вязкость испытательного газа;

$\mu_{топл}$ — абсолютная вязкость газа, используемого в качестве топлива.

Должно быть указано значение R, которое дает наиболее низкую допустимую скорость утечки.

Если доля легковоспламеняющихся веществ в используемом в качестве топлива газе составляет менее 100 %, может быть использован поправочный коэффициент

$$L = 0{,}01 \cdot (V/R) \cdot (1/C), \tag{6}$$

где C — концентрация горючих веществ.

5.4.2.4 Метод тестирования 3

Если испытания проводят над контурами с одорированным природным газом и/или сжиженным топливом, отвечающим требованиям 4.6.1, g), 2), а также над контуром подачи газа, то должно быть продемонстрировано отсутствие утечки после удаления и замены всех узлов, которые регулярно обслуживают. Отсутствие утечки должно быть продемонстрировано 5 раз. Поиск утечек можно проводить с помощью используемой в данной отрасли жидкости для обнаружения утечек, нанесенной на все связанные стыки и фитинги. При параметрах испытания, указанных в таблице 2, пузырьков не должно быть.

Таблица 2 — Требования к испытаниям на герметичность [a, d, e]

Опасность	Тип испытания	Расчетные условия	Параметры испытаний	Критерий успешного/неуспешного прохождения испытаний
Утечка легковоспламеняющихся веществ	Гидростатическое[b]	При любых давлениях	1,5-кратное расчетное давление	Нет утечки, как определено в 5.4.3
	Пневматическое[c]	При любых давлениях	1,1-кратное расчетное давление	Отсутствие пузырьков при использовании принятой в отрасли жидкости для обнаружения утечек
				5.4.2.2 Метод тестирования 1
				5.4.2.3 Метод тестирования 2
Утечка токсичных веществ (например, угарного газа)	Гидростатическое[b]	≥ 100 кПа (избыточное)	1,5-кратное расчетное давление	Нет утечки, как определено в 5.4.3
		< 100 кПа (избыточное)	1,1-кратное расчетное давление	Нет утечки, как определено в 5.4.3
	Пневматическое[c]	При любых давлениях	1,1-кратное расчетное давление	Отсутствие пузырьков при использовании принятой в отрасли жидкости для обнаружения утечек
				5.4.2.2 Метод тестирования 1
				5.4.2.3 Метод тестирования 2
				Приемлемая утечка, как определено в 5.20
Опасность получения термического ожога	Газ (например, воздух или выхлопные газы)	≥ 300 °C	Во время работы энергосистемы, основанной на топливных элементах	Температура окружающей среды рядом с системой трубопроводов и/или изоляцией трубопровода не может превышать 300 °C. Может проводиться одновременно с тестом в 5.12
		< 300 °C	Нет требований	Нет требований
	Жидкость (например, теплоноситель)	≥ 1,1 МПа или ≥ 120 °C	1,5-кратное расчетное давление для гидростатики	Нет утечки, как определено в 5.4.3
			1,1-кратное расчетное давление для пневматики	Отсутствие пузырьков при использовании принятой в отрасли жидкости для обнаружения утечек
		< 1,1 МПа и < 120 °C	1,0-кратное расчетное давление для гидростатики	Нет утечки, как определено в 5.4.3
			1,0-кратное расчетное давление для пневматики	Отсутствие пузырьков при использовании принятой в отрасли жидкости для обнаружения утечек

[a] Испытательное давление в любой точке системы трубопроводов не должно превышать максимально допустимое испытательное давление любых неизолированных компонентов, таких как сосуды, насосы или клапаны. Давление должно поддерживаться непрерывно не менее 10 мин.

[b] В качестве альтернативы можно проводить пневматические испытания при условии совместимости компонентов и согласия органа по сертификации.

[c] В качестве альтернативы можно использовать гидростатические испытания при условии совместимости компонентов и согласия органа по сертификации.

[d] Расчетное давление — это максимальное давление, которое может возникнуть при любых режимах работы, включая установившийся и переходный.

[e] Если испытания проводятся по секциям, сумма утечек по всем секциям не должна превышать требований к утечкам, указанных в этой таблице.

5.4.3 Гидростатические испытания на герметичность

Части энергоустановки на основе топливных элементов, подвергаемые этому испытанию, не должны иметь утечек.

При испытаниях должна быть использована расчетная жидкость. Если производитель считает, что испытание с расчетной жидкостью нецелесообразно, тогда испытательной жидкостью должна быть вода. Если есть вероятность повреждения из-за замерзания или неблагоприятного воздействия воды на систему трубопроводов, можно использовать другую подходящую нетоксичную жидкость. Если жидкость легковоспламеняющаяся, ее температура воспламенения должна быть не менее 50 °С, и следует учитывать условия испытаний.

Давление, подаваемое при гидростатических испытаниях, не должно быть меньше давления, указанного в таблице 2.

Все внешние поверхности компонентов, по которым перекачиваются жидкости, должны быть видимыми при поиске утечек. Если некоторые компоненты невозможно сделать видимыми, должны быть приняты меры для улавливания и направления утечки в видимую точку. Если утечку невозможно направить, производитель должен разработать альтернативный метод поиска утечек.

Перед проведением испытаний необходимо определить, какие компоненты, транспортирующие жидкость, находятся под одинаковым давлением во время нормальной работы энергоустановки на основе топливных элементов. Эти компоненты должны составлять отдельные испытуемые секции, давление в эти секции должно подаваться отдельно, и, если необходимо при изоляции испытуемой секции от остальной энергоустановки любыми удобными средствами.

Испытательное оборудование должно быть заполнено жидкой средой и подключено к подходящей гидравлической системе, включая устройство для измерения давления, способное выдерживать требуемое испытательное давление. Из испытуемой секции необходимо выпустить воздух при заполнении ее жидкостью.

Испытательное давление следует постепенно увеличивать до достижения равномерного избыточного давления. Поиск утечек осуществляют путем осмотра всех внешних поверхностей системы на предмет каких-либо признаков утечки. Чтобы завершить поиск утечек, избыточное давление должно поддерживаться не менее 10 мин, или дольше по мере необходимости. Если используется система направления утечек, испытательное давление должно поддерживаться не менее 3 ч.

Утечка жидкости не допускается. Любое видимое свидетельство утечки является причиной провала теста.

5.5 Испытания на прочность

5.5.1 Общие положения

Любой сертифицированный компонент(ы), имеющий номинальное давление не ниже расчетного давления установки, должен рассматриваться как компонент, к которому применимы соответствующие положения 5.5.

5.5.2 Пневматические испытания на прочность

Части энергоустановки на основе топливных элементов, подлежащие этому испытанию, не должны разрываться, ломаться, деформироваться или проявлять другие признаки физического повреждения при испытании с использованием соответствующих газов или паров (например, номинальных рабочих газов, чистого сухого воздуха или инертного газа, указанного изготовителем), которые соответствуют ожидаемым компонентам во время работы и остановки.

Перед проведением испытаний необходимо определить, какие компоненты находятся под одинаковым давлением во время нормальной работы энергоустановки на основе топливных элементов. Эти компоненты должны составлять отдельные испытуемые секции, давление в эти секции должно подаваться отдельно, и, если необходимо при изоляции испытуемой секции от остальной энергоустановки любыми удобными средствами.

Ко входу испытуемой секции должна быть подключена подходящая система подачи газа, способная подавать газообразную среду при требуемом давлении. Все функциональные компоненты должны быть приведены в открытое положение, чтобы во всех компонентах испытуемой секции установилось необходимое испытательное давление.

Газообразная среда должна постепенно поступать в испытуемую секцию так, чтобы постепенно достигалось равномерное избыточное давление не ниже, чем указано в таблице 3. Это давление должно поддерживаться не менее 10 мин, после чего давление должно быть снижено до расчетного, после этого система должна быть проверена.

Приемка определяется в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 — Требования к испытаниям на предельную прочность [a, d]

Опасность	Тип испытания	Расчетные условия	Параметры испытаний	Критерий успешного/неуспешного прохождения испытаний
Легковоспламеняющиеся или токсичные вещества	Гидростатическое[b]	При любых давлениях	1,5-кратное расчетное давление	Отсутствие разрывов, трещин, деформаций и других физических повреждений
	Пневматическое[c] (см. рисунок 8)	≥ 13 кПа	1,1-кратное расчетное давление	
		Для систем: > 3,5 кПа, но < 13 кПа Для стеков: > 5,5 кПа, но < 13 кПа	17 кПа	
		Для систем: ≤ 3,5 кПа Для стеков: ≤ 5,5 кПа	Для систем: 5-кратное расчетное давление Для стеков: 3-кратное расчетное давление	
Сжатый или нагретый газ (например, воздух)	Гидростатическое[b]	≥ 100 кПа или ≥ 300°С	1,5-кратное расчетное давление	Отсутствие разрывов, трещин, деформаций и других физических повреждений
		< 100 кПа и < 300°С	Нет требований	Нет требований
	Пневматическое[c]	≥ 100 кПа или ≥ 300°С	1,1-кратное расчетное давление	Отсутствие разрывов, трещин, деформаций и других физических повреждений
		< 100 кПа и < 300°С	Нет требований	Нет требований
Сжатая жидкость (например, вода, пар, гликоль)	Гидростатическое[b]	≥ 1,1 МПа или ≥ 120°С	1,5-кратное расчетное давление	Отсутствие разрывов, трещин, деформаций и других физических повреждений
		< 1,1 МПа и < 120°С	Нет требований	Нет требований
	Пневматическое[c]	≥ 1,1 МПа или ≥ 120°С	1,1-кратное расчетное давление	Отсутствие разрывов, трещин, деформаций и других физических повреждений
		< 1,1 МПа и < 120°С	Нет требований	Нет требований

[a] Испытательное давление в любой точке системы трубопроводов не должно превышать максимально допустимое испытательное давление любых неизолированных компонентов, таких как сосуды, насосы или клапаны. Давление должно поддерживаться непрерывно не менее 10 мин.

[b] В качестве альтернативы можно проводить пневматические испытания при условии совместимости компонентов и согласия органа по сертификации.

[c] В качестве альтернативы можно использовать гидростатические испытания при условии совместимости компонентов и согласия органа по сертификации.

[d] Расчетное давление — это максимальное давление, которое может возникнуть при любых режимах работы, включая установившийся и переходный.

Рисунок 2 представляет собой визуальное объяснение минимального испытательного давления.

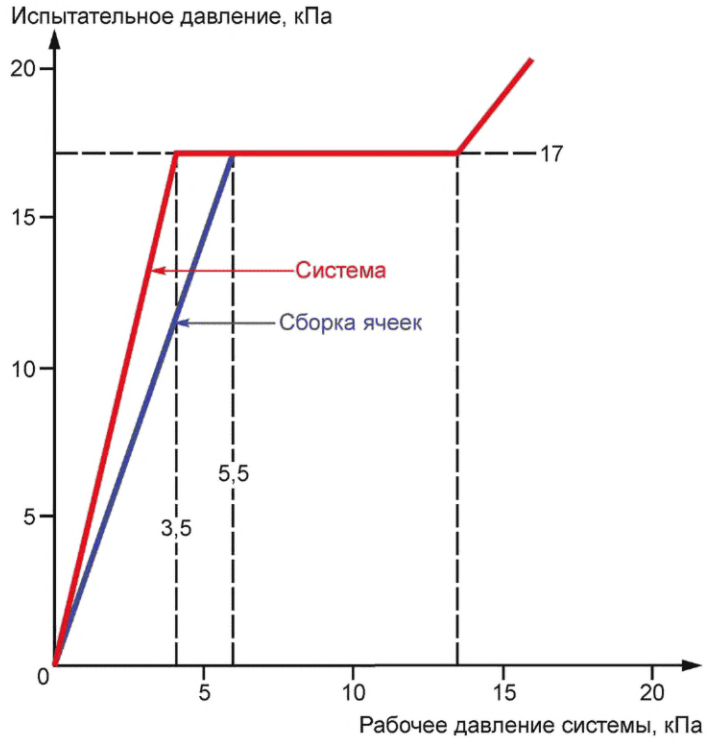

Рисунок 2 — Минимальное испытательное давление

5.5.3 Гидростатические испытания на прочность

Части энергоустановки на основе топливных элементов, подвергаемые этому испытанию, не должны разрываться, ломаться, деформироваться или проявлять другие признаки физического повреждения при испытании с использованием соответствующей испытательной жидкости.

При испытаниях следует использовать расчетную жидкость. Если производитель считает, что испытание с расчетной жидкостью нецелесообразно, тогда испытательной жидкостью должна быть вода. Если есть вероятность повреждения из-за замерзания или неблагоприятного воздействия воды на систему трубопроводов, можно использовать другую подходящую нетоксичную жидкость. Если жидкость легковоспламеняющаяся, ее температура воспламенения должна быть не менее 50 °С, и следует учитывать условия испытаний.

Перед проведением испытаний необходимо определить, какие компоненты, транспортирующие жидкость, находятся под одинаковым давлением во время нормальной работы энергоустановки на основе топливных элементов. Эти компоненты должны составлять отдельные испытательные секции, давление в эти секции должно подаваться отдельно, и, если необходимо при изоляции испытуемой секции от остальной энергоустановки любыми удобными средствами.

Испытательное оборудование должно быть заполнено жидкой средой и подключено к подходящей гидравлической системе, которая должна включать в себя устройство для измерения давления, способное выдерживать требуемое испытательное давление. Необходимо выпустить воздух из испытуемой секции при заполнении ее жидкостью.

Испытательное давление следует постепенно увеличивать, чтобы получить равномерное избыточное давление не ниже, указанного в таблице 3. Затем это давление должно поддерживаться не менее 10 мин.

Приемка производится в соответствии с таблицей 3.

5.6 Типовое испытание работы в нормальном режиме

Следует проверить паспортные значения потребляемого и выдаваемого электричества при минимальном и максимальном давлении топлива. Это испытание необходимо проводить при номинальной температуре окружающей среды, согласованной изготовителем и его организацией по оценке соответствия.

5.7 Испытание на электрические перегрузки

Энергоустановка на основе топливных элементов, должна выдерживать электрическую перегрузку. Если производитель допускает, что выходной ток может превышать номинальное значение в течение определенного периода времени, то для проведения испытаний энергоустановка на основе топливных элементов, должна быть термически стабилизирована при номинальном токе, затем выходной ток должен быть увеличен до определенного значения и поддерживаться постоянным в течение определенного времени, в соответствии с указаниями производителя.

В системе не должно быть пламени, опасности поражения электрическим током, разрывов, разрушений, остаточной деформации или других физических повреждений.

Если производитель не разрешает более высокий ток, испытание не проводят.

5.8 Параметры отключения

Должны быть предусмотрены средства для автоматического отключения соответствующей системы (систем) энергоустановки на основе топливных элементов при любых критических аномалиях, предусмотренных оценкой рисков в 4.1.

Для каждой аномалии должно быть установлено соответствие с 5.8. Для этого проводят испытания, моделирующие соответствующую ситуацию либо должны быть получены соответствующие доказательства от изготовителя, подтверждающие, что требуемое действие будет выполнено.

5.9 Проверка рабочих характеристик горелки

5.9.1 Общие положения

Процедуры, описанные в 5.9 применимы к энергоустановкам на основе топливных элементов, оборудованных горелкой, например предназначенной для риформинга, и должны быть выполнены во время запуска горелки и сразу после установления следующих условий эксплуатации:

a) при испытательных давлениях и с использованием испытательных газов, как определено в 5.2;

b) при максимальном и минимальном давлениях подачи топлива, указанных изготовителем, если они отличаются от давлений, определенных в 5.9.1, a);

c) при вариации входного напряжения от 85 % до 110 % от номинального. Если в этом диапазоне предусмотрена защита от перепадов напряжения, система должна быть испытана в указанных пределах. Кроме того, должна быть проверена защита от перепадов напряжения в соответствии с 5.10.2.3.

5.9.2 Общие испытания

Автоматическая система управления горелкой должна осуществлять зажигание топлива сразу после того, как оно достигает порта(ов) горелки. Непрерывное запальное пламя, если оно предусмотрено, не должно гаснуть, вне зависимости от того включена или выключена подача топлива в горелку. Это положение не применяется к запальному пламени прерывистого или предварительного типа, когда подача топлива в горелку прекращена.

Во время испытания должно быть проверено следующее:

a) топливо горелки эффективно воспламеняется без задержки воспламенения, обратного воспламенения, чрезмерного шума или повреждения оборудования,

b) пламя горелки гаснет без вспышек и излишнего шума,

c) пламя горелки не вспыхивает за пределами камеры сгорания,

d) горелка не оставляет нагара,

e) нет утечки газа или обратного потока через основные отверстия для подачи воздуха в горелку.

5.9.3 Испытания с предельными параметрами

Испытание проводят без изменения настроек горелки и запальной горелки. Входное давление топлива регулируют в диапазоне от максимального до минимального значения, указанного на заводской табличке, по сравнению с нормальным давлением. Это испытание проводят при минимальной и максимальной ширине вентиляционного отверстия или минимальном и максимальном противодавлении, обусловленном шириной вентиляционного отверстия. В этих условиях проверяют, что работа горелки не представляет опасности, а выбросы монооксида углерода остаются ниже уровня, требуемого в 4.4.12. Это испытание повторяют при минимальном подводе тепла, допускаемом органами управления, если воспламенение возможно в этих условиях.

5.10 Автоматическое управление горелками и реакторами каталитического окисления

5.10.1 Общие положения

Процедуры, описанные в 5.10, связаны с запуском всех компонентов, предназначенных для проведения контролируемой реакции окисления, например сгорания (пусковая горелка секции риформинга), частичного каталитического окисления и каталитического сжигания.

Изготовитель может предпочесть провести испытания зажигания (см. с 5.10.2.4 по 5.10.2.8) на подсистеме энергоустановки на основе топливных элементов, а не на полностью построенном блоке, при условии, что эта подсистема содержит все детали (например, воспламенитель и основную горелку, указанное изготовителем расположение воспламенителя, камеру сгорания и, если необходимо, вытяжной вентилятор, предназначенный для камеры сгорания), которые могут повлиять на результаты испытаний.

Примечание — 5.10 также применяют к каталитическому реактору анодных газов.

5.10.2 Горелки с автоматическим управлением зажиганием

5.10.2.1 Общие положения

Тестирование автоматического управления зажиганием энергоустановок на основе топливных элементов должно быть выполнено в соответствии с 5.10.2.2 и 5.10.2.3.

5.10.2.2 Эффективное зажигание

Этот тест выполняют при минимальной и максимальной ширине вентиляционного отверстия или при минимальном и максимальном противодавлении, связанном с шириной вентиляционного отверстия.

Воспламенитель должен зажигать топливо в основной горелке сразу же после того, как оно достигнет портов основной горелки. Когда в энергоустановке на основе топливных элементов поддерживается номинальное напряжение, воспламенитель должен активироваться, при этом должно наблюдаться воспламенение. Пламя не должно вспыхивать за пределами энергоустановки на основе топливных элементов и не должно быть никаких ее повреждений. Должно быть предпринято три попытки воспламенения, и в каждом случае воспламенение должно происходить сразу после того, как топливо достигнет сопел основной горелки.

5.10.2.3 Изменение напряжения зажигания

5.10.2.3.1 Основные положения

Эти тесты выполняют при минимальной и максимальной ширине вентиляционного отверстия или при минимальном и максимальном противодавлении, связанном с шириной вентиляционного отверстия.

5.10.2.3.2 Пониженное напряжение

Напряжение в энергоустановке на основе топливных элементов должно быть понижено до значения, составляющего 85 % от указанного в паспорте. В том случае, если энергоустановка на основе топливных элементов имеет защиту от перепадов напряжения, то до самого низкого значения напряжения, которое позволяет защитное устройство, но не ниже 85 % от указанного в паспорте, воспламенитель должен зажигать топливо, поступающее в основную горелку в течение периода установления основного пламени. Пламя не должно вспыхивать за пределами энергоустановки на основе топливных элементов, а также не должно быть никаких ее повреждений. Должно быть предпринято достаточное количество попыток воспламенения, и в каждом случае воспламенение должно происходить в течение установленного времени.

5.10.2.3.3 Перенапряжение

Напряжение в энергоустановке на основе топливных элементов должно быть повышено до значения, составляющего 110 % от указанного в паспорте. В том случае, если энергоустановка на основе топливных элементов имеет защиту от перепадов напряжения, то до самого высокого значения напряжения, которое позволяет защитное устройство, но не выше 110 % от указанного в паспорте, воспламенитель должен зажигать топливо, поступающее в основную горелку в течение периода установления основного пламени. Пламя не должно вспыхивать за пределами энергоустановки на основе топливных элементов, а также не должно быть никаких ее повреждений. Должно быть предпринято достаточное количество попыток воспламенения, и в каждом случае воспламенение должно происходить в течение установленного времени.

5.10.2.4 Период установления пламени

Период установления пламени должен проверяться, когда энергоустановка на основе топливных элементов работает, как указано в 5.3. Промежуток времени с момента подачи топлива до момента подтверждения наличия пламени в воспламенителе или горелке в зависимости от того, какое из этих устройств применяется, не должен превышать соответствующий период установления в соответствии с 4.6.2.

5.10.2.5 Время блокировки при исчезновении пламени

Энергоустановка на основе топливных элементов должна работать с номинальным расходом топлива до тех пор, пока не будет достигнуто тепловое равновесие. Время блокировки при исчезновении пламени измеряют между моментом, когда запальное пламя (если имеется) и основную горелку намеренно гасят путем отключения топлива, и моментом, когда после восстановления подачи топлива подача прекращается при срабатывании защитного устройства. Предохранительное устройство должно обесточить все предохранительные запорные топливные клапаны в течение времени блокировки при исчезновении пламени, указанного в 4.6.2.

5.10.2.6 Рециркуляция или искровое восстановление

При рециркуляции автоматической системы управления горелкой время рециркуляции должно быть проверено, при этом энергоустановка на основе топливных элементов настраивается на номинальный уровень расхода топлива. Когда происходит искровое восстановление, необходимо убедиться, что после исчезновения пламени воспламенитель эффективно повторно зажигает топливо в течение периода установления пламени.

Пламя не должно вспыхивать за пределами энергоустановки на основе топливных элементов, а также не должно быть никаких ее повреждений. При работающей горелке исчезновение пламени моделируется отключением датчика пламени.

Следует учитывать время, которое проходит между исчезновением пламени и моментом, когда датчик пламени прекращает подачу топлива, а также время, которое проходит между моментом прекращения подачи топлива и моментом возобновления подачи энергии на воспламенитель. В данном испытании следует использовать максимальное время блокировки при исчезновении пламени и минимальное время рециркуляции, указанное изготовителем устройства управления.

5.10.2.7 Уменьшение пламени запальной горелки

Этот тест выполняют при минимальной и максимальной ширине вентиляционного отверстия или при минимальном и максимальном обратном давлении, связанном с шириной вентиляционного отверстия.

Запальная горелка, если ее наличие предусмотрено, должна обеспечивать безопасное воспламенение топлива в горелке, когда подача топлива на запальную горелку уменьшается до достаточного только для того, чтобы удерживать предохранительный запорный клапан открытым или чуть выше точки угасания пламени, в зависимости от того, при каком режиме подачи топлива расход на запальной горелке наибольший. Пламя не должно вспыхивать за пределами энергоустановки на основе топливных элементов, а также не должно быть никаких ее повреждений.

В данном испытании следует использовать максимальное время блокировки при исчезновении пламени, указанное изготовителем устройства управления.

Это испытание должно быть начато как с холодного пуска, так и сразу после отключения энергоустановки на основе топливных элементов после достижения условий равновесия.

5.10.2.8 Замедленное зажигание

Этот тест выполняют при минимальной и максимальной ширине вентиляционного отверстия или при минимальном и максимальном обратном давлении, связанном с шириной вентиляционного отверстия.

Если в энергоустановке на основе топливных элементов зажигание основной горелки производят непосредственно с помощью электрического воспламенителя, то задержка воспламенения топлива не должна приводить к выходу пламени за пределы энергоустановки или к какому-либо повреждению энергоустановки и подключенной к ней системы вентиляции. Для проведения этого испытания следует использовать максимальный период воспламенения, указанный изготовителем автоматической системы управления горелкой. Для систем, которые отключают воспламенитель до окончания испытания на период воспламенения, испытание должно быть проведено с использованием максимального времени включения зажигания, установленного изготовителем системы управления.

Если энергоустановка на основе топливных элементов находится при комнатной температуре, то она должна быть введена в работу с нормальной скоростью подвода тепла, при временном от-

ключении средств зажигания на различные временные интервалы. Интервалы варьируются вплоть до максимального значения времени воспламенения, установленного производителем системы контроля для данного испытания, или максимального заданного периода активации зажигания, в зависимости от того, что короче. Если система предусматривает несколько попыток зажигания, попытки зажигания должны предприниматься в течение различных интервалов времени для каждой попытки в течение периода зажигания и каждый раз, когда активируются средства зажигания на протяжении всей последовательности операций вплоть до блокировки. При каждом испытании необходимо следить за зажиганием основной горелки. Не должно быть вспышки пламени или повреждения энергоустановки на основе топливных элементов. Испытание на отсроченное зажигание также используют для подтверждения периода установления пламени, указанного производителем.

5.10.2.9 Температурные испытания компонентов системы автоматического управления горелкой

Термопары или эквивалентные устройства для измерения температуры должны быть соответствующим образом прикреплены к соответствующим точкам каждого компонента автоматической системы управления горелкой. Энергоустановка на основе топливных элементов должна работать при номинальном расходе топлива до достижения равновесных условий. Затем следует определить температуру компонентов. Полученные температуры не должны превышать значений, указанных производителями компонентов.

5.10.2.10 Предварительная продувка

Это испытание проводят над системами, требующими продувки в соответствии с 4.6.2, q).

В зависимости от варианта, выбранного производителем, объем предварительной продувки или время предварительной продувки определяют следующим образом:

a) Объем предварительной продувки

1) Расход измеряют на выходе из канала отвода продуктов сгорания при температуре окружающей среды (измеряют как номинальный расход).

2) Энергоустановка на основе топливных элементов находится при температуре окружающей среды и не работает. На вентилятор подают электропитание в реальных условиях предварительной продувки.

3) Расход, измеренный с погрешностью ± 5%, сводят к нормальным условиям.

4) Производитель указывает объем контура сгорания.

b) Время предварительной продувки

1) Энергоустановка на основе топливных элементов находится при температуре окружающей среды и не работает.

2) Определяют время между запуском вентилятора и включением устройства зажигания.

5.10.3 Автоматизированное управление реакторами каталитического окисления

a) Время от начала подачи топлива до подтверждения начала реакции не должно превышать время начала реакции, указанное в 4.6.3, e).

Метод проведения испытания: Энергоустановка на основе топливных элементов, должна работать в соответствии с указаниями производителя до тех пор, пока не будут достигнуты условия для инициирования реакции. Затем следует открыть подачу топлива для работы со смесью, насыщенной воздухом, или подачу воздуха для работы со смесью, насыщенной топливом. Время отклика системы должно начинаться в этот момент и заканчиваться, когда устройства контроля реактора сигнализируют, как указано изготовителем, об успешном инициировании реакции. Время начала реакции не должно превышать значения, указанного в 4.6.3, e).

b) В случае прекращения реакции, уменьшения или увеличения скорости реакции до опасного уровня, первичный орган управления безопасностью должен обесточить топливный предохранительный запорный клапан, в случае если работа идет со смесью, насыщенной воздухом, или воздушный предохранительный запорный клапан, в случае если работа идет со смесью, насыщенной топливом, с последующим отключением топливного предохранительного запорного клапана в течение времени блокировки при отказе реакции, указанном в 4.6.3, g).

Метод проведения испытания: Энергоустановка на основе топливных элементов, должна работать в соответствии с 5.3, пока не будут достигнуты условия равновесия. Затем должна быть отключена подача топлива при работе со смесью, насыщенной воздухом, или подача воздуха при работе со смесью, насыщенной топливом. При включенном каталитическом реакторе срыв реакции имитируют отключением устройства, контролирующего температуру реакции. Время, измеренное между этим моментом и моментом, когда система управления отключает подачу топлива при работе со смесью, насы-

щенной воздухом, или подачу всех реагентов при работе со смесью, насыщенной топливом, не должно превышать время блокировки при отказе реакции, указанное в 4.6.3.

5.11 Проверка температуры выхлопного газа

Если энергоустановка на основе топливных элементов снабжена системой вентиляции, максимальная температура выхлопных газов, транспортируемых этой системой вентиляции, не должна превышать температур, приемлемых для материалов, из которых изготовлена система вентиляции.

Метод проведения испытания: температуру выхлопных газов измеряют с помощью термопары или аналогичных устройств. Необходимо использовать достаточное количество испытательных приборов, чтобы установить максимальную температуру в выхлопных потоках, учитывая размер и симметрию системы вентиляции.

Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть установлена и эксплуатироваться в соответствии с положениями, описанными в 5.3, за исключением подачи топлива при номинальном давлении. По достижении условий равновесия максимальную температуру выхлопных газов определяют, как указано выше. Полученная температура не должна превышать температуру, приемлемую для материала, из которого изготовлена система вентиляции.

5.12 Температура поверхности и компонентов

a) Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть установлена и эксплуатироваться в соответствии с 5.3, за исключением подачи топлива при номинальном давлении. При достижении теплового равновесия температуру следует определять с помощью любых подходящих средств измерения температуры.

1) Максимальная температура любой поверхности, с которой может контактировать персонал, выполняющий регулярное и плановое обслуживание энергоустановки на основе топливных элементов во время ее работы, не должна превышать пределов, указанных в 4.4.10.

2) Максимальная температура любой не упомянутой выше поверхности, которая может непреднамеренно подвергнуться воздействию горючего газа или пара, должна соответствовать требованиям, указанным в 4.6.1, e).

3) Максимальная температура компонентов системы не должна превышать температуру, на которую компоненты рассчитаны.

b) Температура стен, пола, потолка

1) Это испытание предназначено только для энергоустановок на основе топливных элементов, поверхность корпуса которых может греться, либо их конструкция позволяет излучать тепло на внешние поверхности в количестве, превышающем требования 4.4.10, касающиеся размещения установки на или вблизи горючих поверхностей.

2) Энергоустановку на основе топливных элементов размещают на деревянных испытательных панелях.

3) Изготовитель должен указать расстояние между энергоустановкой на основе топливных элементов и задней и боковыми стенками, потолком (а также дверью, если таковая имеется) испытательных панелей.

4) Энергоустановку на основе топливных элементов размещают на испытательных панелях со следующими характеристиками:

I) Для испытательных панелей использовали фанеру, окрашенную в матовый черный цвет, толщиной примерно 20 мм;

II) Повышение температуры определяется с помощью термопар;

III) Термопары, используемые для определения превышения температуры поверхности стен, потолка и пола прикрепляют к обратной стороне маленьких почерневших дисков из меди или латуни. Передняя часть диска находится заподлицо с поверхностью досок.

c) Насколько это возможно, энергоустановка на основе топливных элементов должна быть расположена так, чтобы термопары определяли самые высокие температуры.

d) При проведении испытания энергоустановка на основе топливных элементов должна работать с максимальной выходной мощностью. После достижения теплового равновесия температура испытательных панелей должна быть измерена и проверена в соответствии с требованиями 4.4.10.

5.13 Испытания на воздействие ветра

5.13.1 Общие положения

Испытания на воздействие ветра проводят только над энергоустановками на основе топливных элементов, предназначенных для установки на открытом воздухе или над энергоустановками, устанавливаемыми внутри помещений и имеющих горизонтально расположенные каналы для впуска воздуха и выпуска выхлопных газов наружу. Могут быть рассмотрены альтернативные средства демонстрации эквивалентного уровня соответствия, такие как вычислительная гидродинамика (CFD).

Эти тесты выполняют при минимальной и максимальной ширине вентиляционного отверстия или при минимальном и максимальном обратном давлении, связанном с шириной вентиляционного отверстия.

5.13.2 Процедура калибровки источника ветра для ветров, направленных перпендикулярно к стене

Конфигурация калибровки источника ветра, следующая: центр источника ветра направляется перпендикулярно к центру испытательной стены, в которую встроены четыре порта, расположенные вокруг вентиляционного терминала, который установлен в центре испытательной стены, в соответствии с инструкциями по установке, предоставленными производителем (см. рисунок 3).

На рисунке 3 точками обозначены отверстия для измерения статического давления, расположенные на расстоянии 305 мм по горизонтали и вертикали от краев вентиляционного терминала.

Вентиляционный терминал расположен в центре испытательной стены в соответствии с инструкцией по установке, предоставляемой производителем.

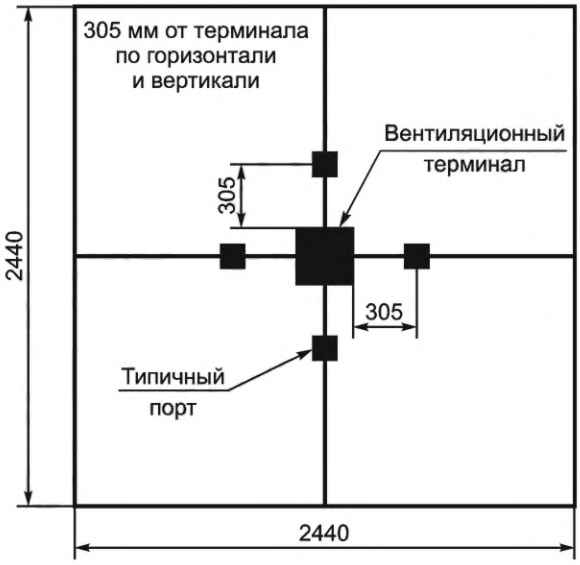

Рисунок 3 — Стена с портами статического давления

Порты должны быть объединены в единую систему для получения показания среднего статического давления. Если источник ветра направлен на стену, среднее значение статического давления, измеренное манометром, установленным на отверстии для технологического воздуха энергоустановки на основе топливных элементов, должно служить основой для калибровки источника ветра с использованием данных таблицы 4.

Таблица 4 — Калибровка источника ветра

Скорость ветра, км/ч	Среднее статическое давление, Па
16	12
54	135

5.13.3 Проверка работы энергоустановок на основе топливных элементов, предназначенных для установки на открытом воздухе, при наличии ветра

Процедуры, описанные в 5.13.3, применимы только к энергоустановкам на основе топливных элементов, предназначенных для размещения на открытом воздухе, или к компонентам энергоустановок на основе топливных элементов, предназначенных для размещения на открытом воздухе.

Корпуса энергоустановок на основе топливных элементов, предназначенных для размещения на открытом воздухе, или корпуса компонентов энергоустановок на основе топливных элементов, предназначенных для размещения на открытом воздухе, должны быть подвергнуты испытаниям на воздействие ветра в соответствии со следующей методикой.

Методика проведения испытания: Энергоустановка на основе топливных элементов должна запускаться и работать нормально, без повреждений или сбоев в работе какой-либо ее части и без создания опасных или небезопасных условий при воздействии ветра с номинальной скоростью от 9 км/ч до 54 км/ч.

Ветер, создаваемый вентилятором/нагнетателем достаточной мощности для создания воздушного потока со скоростью от 9 км/ч до 54 км/ч, должен быть направлен на внешнюю поверхность энергоустановки на основе топливных элементов в точках, которые организация по оценке соответствия считает наиболее критическими. Вентилятор/нагнетатель должен быть расположен так, чтобы ветер, равномерно покрывающий всю площадь внешней поверхности, был направлен горизонтально в сторону энергоустановки на основе топливных элементов с указанной скоростью, измеренной в вертикальной плоскости в 50 см от наветренной поверхности энергоустановки на основе топливных элементов.

Если на энергоустановку на основе топливных элементов дует ветер с номинальной скоростью 16 км/ч, запальное пламя, если оно имеется, должно быть способным воспламениться.

Если на энергоустановку на основе топливных элементов дует ветер с номинальной скоростью 54 км/ч, газ, подаваемый в горелку, должен воспламениться от устройства зажигания без чрезмерной задержки, а пламя горелки и запальное пламя не должно погаснуть. Запальное пламя, если оно имеется, должно работать как отдельно, так и одновременно с горелкой.

Если на энергоустановку на основе водородных (H_2) топливных элементов, дует ветер с номинальной скоростью 54 км/ч, выхлопные газы анода должны окисляться в камере сгорания без чрезмерной задержки, и окислительная реакция не должна останавливаться в камере сгорания.

По усмотрению организации по оценке соответствия могут быть проведены дополнительные испытания при других скоростях и направлениях ветра.

5.13.4 Проверка работы энергоустановок на основе топливных элементов, размещаемых внутри помещения с горизонтальным вентилированием через внешнюю стену

Методика проведения испытаний: Эти испытания проводят при нормальном испытательном входном давлении.

Энергоустановка на основе топливных элементов должна соответствовать требованиям 4.5.3, j), при испытаниях с любым направлением ветра, отличным от перпендикулярного к стене, за исключением того, что ветер должен иметь номинальную скорость 54 км/ч (135 Па — давление набегающего потока), измеренную в потоке, параллельном стене, при помощи трубки Пито в трех точках, расположенных на плоскости, перпендикулярной к стене и разделяющей выпускную систему пополам. Три точки должны находиться на расстоянии 305 мм по горизонтали и вертикали от оконечных выходов вентиляционной системы (см. рисунок 4).

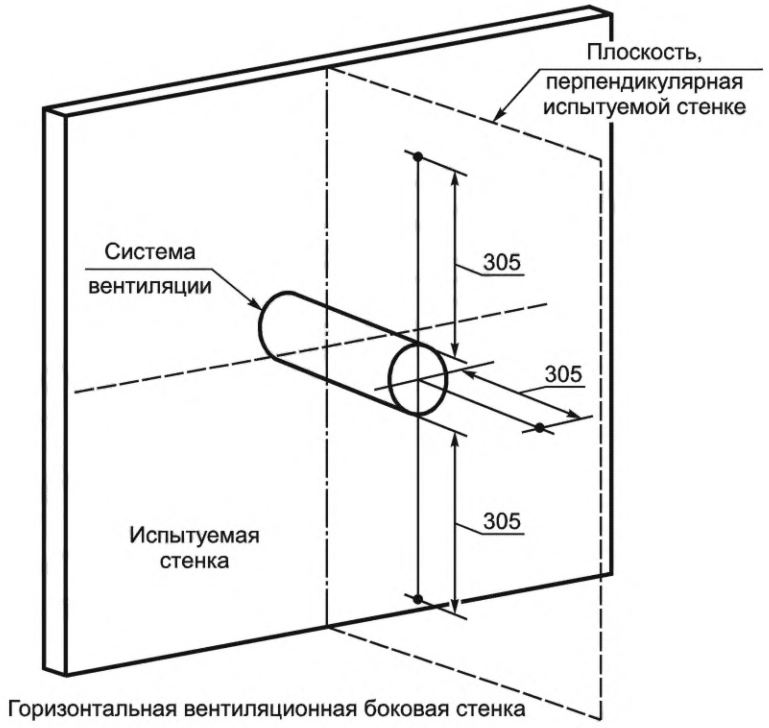

Рисунок 4 — Стенка испытания вентиляции

После калибровки источника ветра, параллельного стене, следует повернуть источник ветра или испытательную стену, чтобы направить ветер под другими углами по выбору испытательной организации.

Энергоустановка на основе топливных элементов должна соответствовать требованиям 4.5.3, j). Для ветра, направленного перпендикулярно к стене, применяют любой из следующих методов испытаний 1), 2) или 3).

1) Следующий метод испытаний должен применяться при максимальной указанной ширине вентиляционного отверстия. Необходимо демонтировать оконечную часть горизонтального выпускного канала в случае, если оконечная часть используется. Затем установить пьезокольцо на выпускную трубу на расстоянии 305 мм от выхода горизонтального выпускного канала (см. рисунок 5).

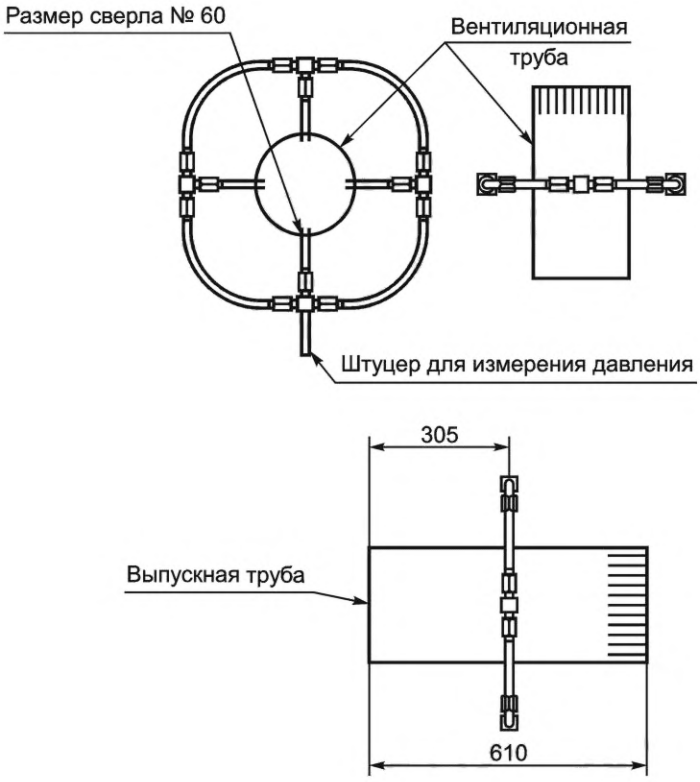

Рисунок 5 — Пьезокольцо и детали типичной конструкции

Следует подсоединить пьезокольцо к дифференциальному манометру, показания которого можно снимать напрямую с точностью до 1,24 Па. Штуцер опорного давления манометра должен быть подключен к точке, расположенной рядом с отверстием подачи воздуха в камеру сгорания топливного элемента.

Необходимо запустить работу энергоустановки на основе топливных элементов, закрывая вентиляционное отверстие до тех пор, пока давление на пьезокольце не достигнет значения 116 Па. Следует остановить работу энергоустановки на основе топливных элементов, затем включить подачу газа в энергоустановку на основе топливных элементов. При сохранении ограничения начинают работу энергоустановки на основе топливных элементов с холодного пуска. Находясь в указанном выше состоянии, энергоустановка на основе топливных элементов не должна отключаться. После достижения стационарного состояния регулируют ограничение для поддержания 116 Па. При работе в вышеуказанных условиях энергоустановка на основе топливных элементов не должна отключаться в течение 10 мин. При поддержании на вентиляционном отверстии давления 116 Па энергоустановка на основе топливных элементов должна включаться и выключаться автоматически, при этом не должно быть чрезмерной задержки.

2) Энергоустановка на основе топливных элементов должна успешно запускаться при скорости ветра от 9 км/ч до 54 км/ч включительно.

3) Энергоустановка на основе топливных элементов должна продолжительно работать при скорости ветра от 9 км/ч до 54 км/ч включительно.

5.13.5 Выбросы окиси углерода (CO) и компонентов горючих газов при наличии ветра, в случае энергоустановок, устанавливаемых в помещении

В случае энергоустановок на основе топливных элементов, установленных в помещении и использующих вентиляционный вывод в наружной стене, проверку выбросов CO и горючего газа необходимо осуществлять при скорости ветра, воздействующего на вентиляционный вывод, лежащий в диапазоне от 9 км/ч до 54 км/ч включительно. Ветер подают с любого горизонтального направления по отношению к вентиляционным выводам. Система вентиляции и забора воздуха подвергается воздействию ветра со скоростью 54 км/ч (давление свободного потока 134,5 Па, измеренного с помощью трубки Пито в трех местах на плоскости, перпендикулярной к стене, а также разделяющей пополам систему впуска

вентиляционного воздуха). Эти три точки должны находиться на расстоянии 305 мм по горизонтали и вертикали от концов системы вентиляции и забора воздуха. Энергоустановка на основе топливных элементов должна работать с номинальной скоростью подачи до тех пор, пока не будет достигнута постоянная температура выхлопных газов. При использовании этого диапазона скоростей ветра пробы выбросов берут не менее трех раз в течение 15 мин. Для анализа берут средние значения концентрации газов, измеренной в этом испытании, концентрация CO должна соответствовать требованиям 4.4.12, а концентрация горючих веществ должна составлять менее 25 % от НПВ.

После калибровки источника ветра параллельно стене источник ветра или испытательную стену следует повернуть, чтобы направить ветер под другими углами по усмотрению организации по оценке соответствия.

При ветре, направленном перпендикулярно к стене, энергоустановка на основе топливных элементов должна работать до тех пор, пока не будет достигнута постоянная температура выхлопных газов. Следует применять любое из испытаний, указанных в 5.13.4, перечисление b).

При использовании метода испытаний 5.13.4, b), 1) давление на выходе вентиляции должно изменяться от нуля до 116 Па. В то время, когда давление на выходе вентиляции изменяется в указанном диапазоне, должно быть собрано и проанализировано достаточное количество проб выхлопных газов, чтобы определить, соответствует ли концентрация CO требованиям 4.4.12, а концентрация горючих газов не превышает 25 % от НПВ.

При использовании метода испытаний 5.13.4, b), 2) скорость ветра, создаваемого источником ветра, откалиброванного согласно 5.13.2, должна изменяться, в диапазоне от 9 км/ч до 54 км/ч включительно. В то время, когда давление на выходе вентиляции изменяется в указанном диапазоне, необходимо собрать и проанализировать достаточное количество проб выхлопных газов, чтобы определить, соответствует ли концентрация CO требованиям 4.4.12, а концентрация горючих газов не превышает 25 % от НПВ.

5.13.6 Выбросы монооксида углерода и горючих газов под воздействием ветра из энергоустановки, расположенной на открытом воздухе

Для энергоустановок на основе топливных элементов, установленных на открытом воздухе, выбросы CO и горючего газа должны быть проверены, когда блок подвергается воздействию ветра с номинальной скоростью от 9 км/ч до 54 км/ч включительно. Ветер, создаваемый вентилятором достаточной мощности для создания воздушного потока со скоростью до 54 км/ч включительно, должен быть направлен против внешней поверхности энергоустановки на основе топливных элементов в точках, которые организация по оценке соответствия считает наиболее критическими. Вентилятор должен быть расположен так, чтобы ветер, равномерно покрывающий всю площадь внешней поверхности, был направлен горизонтально в сторону энергоустановки на основе топливных элементов, с заданной скоростью, измеренной в вертикальной плоскости на расстоянии 0,5 м от наветренной поверхности энергоустановки. Энергоустановка на основе топливных элементов должна работать при номинальной скорости подачи до тех пор, пока не будет достигнута постоянная температура выхлопных газов. При изменении скоростей ветра в этом диапазоне забор выхлопных газов осуществляют не менее трех раз в течение 15 мин. Для анализа берут средние значения концентрации газов, измеренной в этом испытании, концентрация CO должна соответствовать требованиям 4.4.12, а концентрация горючих веществ должна составлять менее 25 % от НПВ.

5.14 Испытание на устойчивость к воздействию дождя

5.14.1 Энергоустановки, работающие вне помещения

Испытание, моделирующее дождь, должно иметь класс IP не ниже 3 (вторая характеристическая цифра 3), как определено в *ГОСТ 14254*, или более высокий класс IP, заявленный изготовителем. Соответствие определено в 5.14.3.

5.14.2 Энергоустановки, работающие внутри помещения, поставляемые с оборудованием для горизонтальной вентиляции

Испытание, моделирующее дождь, проводят над терминалом вентиляции. Испытание должно иметь класс IP не ниже 3 (вторая характеристическая цифра 3), как определено в *ГОСТ 14254*, или более высокий класс IP, заявленный изготовителем. Соответствие определено в 5.14.3.

5.14.3 Методика проведения испытания

Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть запущена и работать без каких-либо повреждений или неисправностей частей, которые могут создать опасную ситуацию при испытании, моделирующем дождь.

После завершения воздействия, смоделированного ливнем, не должно быть признаков повреждения или неисправности какой-либо части энергоустановки на основе топливных элементов, которые могут привести к опасным ситуациям. Также не должно быть накопления воды в какой-либо части энергоустановки на основе топливных элементов. При проведении этих испытаний вода не должна проникать в электрический отсек выше любой части, работающей под напряжением, или смачивать токоведущие части за исключением случаев проверки изоляции обмотки двигателя на диэлектрическую прочность при условии, что двигатель (двигатели) сконструирован, расположен или экранирован так, что обмотки не подвергаются прямому воздействию воды.

Примечание — Проникновение воды в электрический шкаф проверяют визуально и с помощью испытания на диэлектрическую прочность.

5.15 Выбросы

5.15.1 Общие положения

Выполняют испытания, описанные в 5.15.2 и 5.15.3 при минимальном и максимальном давлении подачи топлива.

Эти испытания проводят при минимальном и максимальном обратном давлении, связанном с шириной вентиляционного отверстия.

Примечание — Вместо того, чтобы устанавливать ширину вентиляционного отверстия, можно смоделировать минимальное и максимальное обратное давление.

5.15.2 Выбросы монооксида углерода (CO) и горючих газов

5.15.2.1 Общие положения

Выбросы монооксида углерода в энергоустановке на основе топливных элементов не должны превышать 0,03 % CO в безвоздушной пробе выхлопных газов, согласно испытаниям 5.15.2.2 и 5.15.2.3. Концентрация горючих газов в выхлопе должна быть ниже 25 % от их НПВ, согласно испытаниям 5.15.2.2 и 5.15.2.3.

5.15.2.2 Заблокированный выхлопной патрубок

Выбросы CO и горючих газов следует проверять при условии, что выхлопной патрубок энергоустановки на основе топливных элементов блокирован частично или полностью. Энергоустановка на основе топливных элементов, должна работать при номинальной скорости подачи топлива не менее 15 мин. Если энергоустановка на основе топливных элементов включает в себя устройство управления для автоматического отключения подачи основного топлива в условиях засорения выхлопной системы, площадь выпускного отверстия должна постепенно уменьшаться до самой низкой точки, в которой орган управления остается в открытом положении.

При этом засорении и после достижения теплового равновесия необходимо измерить выбросы. Измерения проводят не менее трех раз в течение 15 мин. При этом испытании берут средние значения концентрации.

5.15.2.3 Заблокированная подача воздуха

5.15.2.3 применяют к установкам, устанавливаемым в помещении, в которых используется нетрадиционная вентиляция. Воздух забирается снаружи через специальную трубу и затем направляется в энергоустановку на основе топливных элементов.

Выбросы CO и горючих газов должны быть проверены при условии, что подача воздуха в энергоустановку на основе топливных элементов блокирована частично или полностью. Энергоустановка на основе топливных элементов должна работать при номинальной скорости подачи топлива не менее 15 мин. Если энергоустановка на основе топливных элементов включает в себя устройство управления для автоматического отключения подачи основного топлива в условиях засорения выхлопной системы, площадь отверстия подачи воздуха должна постепенно уменьшаться до самой низкой точки, в которой орган управления остается в открытом положении.

При этом засорении и после достижения теплового равновесия необходимо проанализировать выбросы. Измерения проводят не менее трех раз в течение 15 мин. При этом испытании берут средние значения концентрации.

5.15.3 Нормальные условия

Это испытание проводят как над установками, располагаемыми внутри помещений, так и над установками, располагаемыми на открытом воздухе.

Выбросы CO должны быть проверены при условии, что выхлоп энергоустановки на основе топливных элементов ничем не ограничен. Энергоустановка на основе топливных элементов должна работать при номинальном напряжении и номинальном расходе топлива в течение не менее 15 мин. Затем нужно проанализировать выхлопные газы.

Это испытание повторяют при минимальном подводимом тепле, допускаемом органами управления, если воспламенение возможно в этих условиях.

5.16 Испытание заблокированной линии конденсата

Энергоустановка на основе топливных элементов, имеющая систему(ы) отвода конденсата, должна в условиях заблокированной линии отвода конденсата продолжать работать удовлетворительно или отключиться во время следующего испытания.

Система(ы) отвода конденсата должна быть установлена в соответствии с инструкциями производителя по установке. Линия(и) слива конденсата должна быть заблокирована в самой узкой точке системы или перед ней. Если система(ы) отвода конденсата снабжена сливным отверстием, то перед ним должна быть поставлена блокировка, или оно должно быть закупорено.

Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть введена в эксплуатацию при регламентированной скорости подачи на входе и нормальном испытательном давлении на входе. Система(ы) отвода конденсата должна быть заполнена до максимально достижимого уровня воды или до точки, непосредственно предшествующей отключению топливного элемента (метод заполнения должен быть выбран организацией по оценке соответствия). Выбросы следует контролировать во время наполнения. Ни при каких условиях концентрация монооксида углерода в пробе выхлопных газов, не содержащих воздуха, не должна превышать 0,03 %, при условии, что обеспечена нормальная подача кислорода; в противном случае энергоустановка на основе топливных элементов должна отключиться. Кроме того, ни в коем случае нельзя допускать выброса горючего газа во внутренние отсеки энергоустановки на основе топливных элементов или в выхлоп.

Энергоустановка на основе топливных элементов не должна представлять опасности поражения электрическим током, что определяется испытаниями на электрическую безопасность по 5.18.

Энергоустановка на основе топливных элементов, которая не может быть введена в работу в условиях заблокированной линии(й) слива конденсата, должна считаться соответствующей этому испытанию.

5.17 Испытание отвода конденсата

Многие технологии предполагают сбор конденсата, но не во всех используется горючий газ под давлением. Данное требование предъявляют к конденсату, удаляемому из потока горючего газа. Конструкция энергоустановки на основе топливных элементов, которая должна иметь вентиляционный слив, должна быть такой, чтобы ловушка для конденсата самозаполнялась, а выхлопные и/или горючие газы не выходили из линии(й) слива конденсата после того, как ловушка для конденсата самозаполнится при следующем испытании.

Испытание следует проводить с наименьшей возможной шириной вентиляционного отверстия, указанной изготовителем прибора. Вентиляционный материал должен быть материалом, указанным изготовителем топливного элемента, и материалом с наименьшей теплопроводностью от вентилируемого газа к воздуху.

Ловушка(и) для конденсата, если она предусмотрена или поставляется как часть энергоустановки на основе топливных элементов или если инструкции по установке требуют, чтобы она была поставлена установщиком, должна быть установлена в соответствии с инструкциями по установке, предоставляемыми производителем. Не следует заполнять ловушку(и) водой до этого испытания.

Это испытание должно быть проведено в условиях повышения закупорки дымохода до максимально возможной степени, при которой энергоустановка на основе топливных элементов продолжает работать.

Это положение считается выполненным, если из линии(й) отвода конденсата не выходит горючий газ и/или выхлопные газы.

5.18 Испытания электробезопасности

Электробезопасность энергоустановки на основе топливных элементов должна быть проверена в соответствии с применяемым стандартом, как показано в 4.7.

Компоненты, подключенные к электрической цепи, которые не были утверждены международным стандартом по электробезопасности, должны соответствовать 4.7.

5.19 Испытания ЭМС

Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть испытана согласно соответствующему стандарту, согласно указаниям, данным в 4.8.

5.20 Испытания герметичности системы вентиляции

Это испытание проводят с энергоустановками на основе топливных элементов, работающих на углеводородном топливе.

Все стыки и соединения системы вентиляции должны быть герметичными. Это положение считается выполненным, если утечка из системы не превышает предела, указанного ниже.

Система вентиляции, работающая при отрицательном внутреннем давлении, не должна подпадать под действие этого положения.

В целях проведения данного испытания вся система вентиляции, за исключением вентиляционного терминала, должна быть изолирована от остальной части энергоустановки на основе топливных элементов, любым удобным способом, и, если это возможно, должна быть запечатана в соответствии с инструкциями производителя. Выход системы вентиляции должен быть закрыт любым удобным способом.

Производитель должен предоставить подходящий испытательный фитинг, который должен быть прикреплен и загерметизирован на входе в систему вентиляции. Этот испытательный фитинг также должен быть оборудован входным краном, который должен быть подключен к источнику сжатого воздуха, и манометром для измерения внутреннего давления в системе. Это устройство должно иметь точность ± 2,0 % и такой диапазон измеряемых давлений, чтобы рабочее давление приходилось на середину шкалы.

В измерительное устройство и в систему вентиляции через штуцер подачи воздуха должна осуществляться подача чистого сухого воздуха в подходящем режиме.

Давление воздуха в системе вентиляции должно поддерживаться на уровне 0,5 кПа или быть равным удвоенной величине расчетного давления, указанного изготовителем, в зависимости от того, какое из значений больше. Скорость утечки измеряется в кубических метрах в час.

Это условие считается выполненным, если утечка из системы вентиляции не превышает 2 % от общего объема выхлопных газов. Это значение определяют по следующей формуле

$$L = 0{,}02 \cdot I \cdot V, \qquad (7)$$

где L — допустимая скорость утечки из системы вентиляции, $м^3/ч$;

I — расход газового топлива, МДж/ч;

V = 0,4026 $м^3$/МДж потребленного газа. Значение основано на добавлении 50 % избыточного воздуха в выхлопные газы.

5.21 Испытания на герметичность (повторные)

Энергоустановка на основе топливных элементов должна быть повторно испытана на наличие утечек в тех же условиях испытаний, которые указаны в 5.4.

6 Регулярные испытания

6.1 Основные требования

Регулярные испытания должны быть проведены на всех производственных единицах. Они должны быть выполнены в испытательной среде, имитирующей среду, для которой энергоустановка на основе топливных элементов была разработана, чтобы достичь требуемых рабочих условий. В частности, испытательная среда для регулярных испытаний должна обеспечивать интерфейсы на границах в соответствии с проектным применением энергоустановки на основе топливных элементов. Регулярные испытания рекомендуется проводить в следующем порядке: согласно 6.2, затем 6.3, затем 6.4.

Если регулярные испытания выполняют непосредственно в сочетании с процедурой первоначального запуска и кондиционирования энергоустановки на основе топливных элементов, она подключается к установке кондиционирования и находится в рабочих условиях, указанных производителем.

Регулярные испытания, указанные в 6.2—6.4, должны быть проведены на всех энергоустановках на основе топливных элементов.

Следует проверить каждую энергоустановку на основе топливных элементов, чтобы определить герметичность деталей и компонентов, работающих под давлением, включая стыки и соединения. Это относится и к системам, использующим опасные жидкости.

6.2 Испытания на герметичность

Испытания на герметичность должны быть проведены в соответствии с 5.4 и должны соответствовать критериям приемлемости или превышать их, либо в испытуемую систему должен подаваться сухой газ (например, воздух или азот) под давлением выше указанного значения, затем систему герметизируют и оставляют в таком состоянии не менее 10 мин. Утечка, рассчитанная исходя из разницы начального и конечного давления, по следующей формуле, не должна превышать указанного значения

$$L_1 = V \cdot T_0/p_0 \cdot \{(p_1 + p_{a1})/T_1 - (p_2 + p_{a2})/T_2\} \cdot 60/t, \quad (8)$$

где L_1 — скорость утечки газа из энергосистемы, основанной на топливных элементах, м^3/ч;

V — объем внутреннего пространства внутри герметичной секции, м^3 (объем газа без учета объема внутренней конструкции);

T_0 — контрольная температура (288,15 K);

T_1 — температура внутреннего пространства в начале измерения, K;

T_2 — температура внутреннего пространства в конце измерения, K;

p_0 — контрольное давление (101,325 кПа);

p_1 — давление во внутреннем пространстве в начале измерения, кПа;

p_2 — давление во внутреннем пространстве в конце измерения, кПа;

p_{a1} — атмосферное давление в начале измерения, кПа;

p_{a2} — атмосферное давление в конце измерения, кПа;

t — время измерений, мин.

Для систем с установленными предохранительными клапанами изменение испытательного давления с уровней, указанных в 5.4, до значения, составляющего 85 % от давления срабатывания предохранительного клапана, допускается по взаимному согласованию между производителем и организацией по оценке соответствия.

6.3 Испытания на диэлектрическую прочность

Испытание на электрическую прочность: как описано в соответствующем стандарте по применению продукта, как указано в 4.7.

6.4 Проверка работы горелки

Следующие испытания должны быть проведены на основе плана выборочного контроля:

- проверка работы горелки согласно 5.9.1;
- выбросы окиси углерода (CO) измеряют во время проверки работы горелки, как описано в 5.9.1. Лимиты должны соответствовать 4.4.12.

7 Маркировка и упаковка

7.1 Основные требования

Система питания энергоустановки на основе топливных элементов должна быть маркирована в соответствии с *[51]*. Методы маркировки и монтажа должны быть надежными и подходить для применения.

7.2 Маркировка энергоустановки на основе топливных элементов

Каждая энергоустановка на основе топливных элементов должна иметь табличку с техническими данными или комбинацию смежных этикеток, расположенных так, чтобы их можно было легко прочитать, когда энергоустановка находится в нормальном положении.

Маркировка должна четко указывать любые ограничения на использование, в частности ограничение, согласно которому энергоустановка на основе топливных элементов должна быть установлена только в местах с достаточной вентиляцией.

Табличка/этикетка(и) должны содержать следующую информацию:

a) наименование производителя (с товарным знаком) и его местонахождение;

b) номер модели производителя или торговое наименование;

c) серийный номер энергосистемы, основанной на топливных элементах, и год изготовления;

d) параметры потребляемого тока: напряжение, силу тока, частоту, фазу, потребляемую мощность;

e) параметры выдаваемого тока: напряжение, силу тока, частоту, фазу, номинальную мощность, кВА и коэффициент мощности;

f) тип топлива, которое будет использовано в энергосистеме, основанной на топливных элементах;

g) диапазон давления подачи топлива;

h) расход топлива при номинальной мощности, кВт;

i) диапазон температур окружающей среды (минимальный и максимальный), для работы в котором рассчитана энергосистема, основанная на топливных элементах, выраженный в градусах Цельсия:

j) предназначение для работы на открытом воздухе или в помещении;

k) предупреждения для оповещения персонала о возможности получения травм или повреждения оборудования, а также требования о соблюдении инструкций по установке и эксплуатации.

Если энергоустановка на основе топливных элементов относится к классу зон повышенной опасности в соответствии с *ГОСТ IEC 60079-10-1*, то она должна иметь соответствующую маркировку.

7.3 Маркировка компонентов

Все части, обслуживаемые пользователем, должны быть обозначены в руководстве пользователя в соответствии с чертежами энергоустановки на основе топливных элементов.

Предупреждающие знаки должны быть размещены надлежащим образом для обозначения опасности поражения электрическим током, содержимого сливных клапанов, горячих компонентов и механических опасностей. Предпочтительнее использовать стандартные символы, приведенные в *[51]*.

Устройства управления, визуальные индикаторы и дисплеи (особенно те, которые связаны с безопасностью), используемые при взаимодействии человека и машины, должны иметь четкую маркировку относительно назначения этих устройств, которую крепят к устройству или размещают рядом с устройством. Предпочтительнее использовать стандартные символы, приведенные в *[52]* и *[53]*.

7.4 Техническая документация

7.4.1 Основные положения

Для каждой энергоустановки на основе топливных элементов производитель должен предоставить информацию, необходимую для безопасной установки, эксплуатации и обслуживания энергоустановки на основе топливных элементов и, в частности, обратить внимание на любые ограничения на использование. Информация должна быть представлена в форме технических документов, таких как чертежи, схемы, диаграммы, таблицы и инструкции, и они должны быть на подходящем носителе данных и на соответствующем языке.

Если часть технической информации может быть предоставлена только квалифицированному персоналу, то в этом случае производитель должен указать критерии квалификации персонала.

Информация, предоставляемая с энергоустановкой на основе топливных элементов, должна включать следующее:

a) четкое и исчерпывающее описание оборудования, установки и монтажа, а также подключения к источникам электропитания и другим интерфейсам на объекте;

b) условия окружающей среды и условия эксплуатации (характеристики топлива, воды и т. д.) в соответствии с 4.2;

c) схемы электроцепей;

d) информацию (где необходимо) о:

1) погрузке, транспортировке и хранении;

2) программном обеспечении;

3) последовательности операций;

4) периодичности проверки;

5) частоте и методе функционального тестирования;

6) руководстве по настройке, техническому обслуживанию и ремонту, в частности, защитных устройств и цепей;

7) списке частей и перечне рекомендуемых запчастей;

e) описание (включая схемы соединений) системы защиты, функций блокировки и защитных барьеров для потенциально опасных ситуаций;

f) описание системы защиты и средств, предусмотренных там, где необходимо, для приостановки защиты (например, для ручного программирования, проверки программы).

7.4.2 Руководство по установке

Руководство по установке должно предоставить установщику всю информацию, необходимую для предварительных работ по настройке энергоустановки на основе топливных элементов.

В частности, должна быть представлена схема или таблица соединений. Эта диаграмма или таблица должны давать полную информацию обо всех внешних соединениях (например, электроснабжение, подача топлива, подача воды, управляющие сигналы, вытяжная вентиляция, вентиляционные соединения).

В руководстве по установке должно быть указано следующее:

- название и местонахождение производителя или дистрибьютора, а также номер модели энергоустановки на основе топливных элементов;
- минимальное и максимальное давления подачи топлива и метод определения этих давлений;
- ограничения по составу топлива;
- необходимое свободное пространство вокруг каналов для подачи воздуха, вентиляции и вытяжки;
- требования к вентиляции;
- необходимое свободное пространство для технического обслуживания, ремонта и надлежащей эксплуатации;
- расположение и конструкция основы энергоустановки на основе топливных элементов;
- защита от опасностей, связанных с погодой;
- рекомендуемая высота относительно базовой отметки паводка;
- требования к защитному ограждению, если необходимо;
- допустимые расстояния от горючих материалов;
- допустимые расстояния от растительности;
- приемлемая удаленность от проезжей части;
- защита от воздействия автотранспорта;
- информация о том, что перед регуляторами подачи топлива должен быть установлен отстойник (ловушка для отложений) или фильтр, если это применимо;
- при необходимости, специальные инструкции для продолжительных периодов бездействия;
- инструкции, которые охватывают требования к вентиляционной системе, включая воздухозаборник (если используется);
- информация о том, что опора вокруг основания топливного элемента должна быть прочной, без прогибов, трещин, зазоров, и так далее, чтобы свести к минимуму распространение паразитов.

7.4.3 Руководство пользователя

Для энергоустановок на основе топливных элементов, предназначенных для использования в жилых помещениях, поставщик системы должен предоставить владельцу дома руководство пользователя вместе с любой соответствующей дополнительной информацией для облегчения обслуживания (например, адреса импортера, ремонтника).

Руководства пользователей должны быть напечатаны или набраны и отформатированы, чтобы обеспечить простоту выполнения процедур. Для обозначения компонентов топливных элементов, размеров и зазоров, собранных компонентов и точек подключения следует использовать иллюстрации, чтобы сделать инструкции понятными. Иллюстрации также следует использовать для определения местоположения обслуживаемых компонентов и иллюстрации правильных методов выполнения процедур обслуживания.

Текст, заключенный в кавычки, должен отображаться в руководстве пользователя именно так, как показано.

Руководство пользователя должно быть прикреплено к топливному элементу в кармане или прикреплено зажимом, который является частью топливного элемента, или должно поставляться в конверте(ах) с указаниями:

a) к установщику, чтобы прикрепить их к или рядом с топливным элементом и/или;

b) к потребителю, чтобы сохранить их для использования в будущем.

Каждое руководство пользователя должно быть разделено на соответствующие главы или разделы и должно включать оглавление и четко обозначенные номера страниц.

Руководство пользователя должно в зависимости от обстоятельств содержать следующую информацию по безопасности:

a) Лицевая обложка

Лицевая обложка должна предоставлять пользователю(-ям) только самые важные инструкции по безопасности. На лицевой обложке или, в случае ее отсутствия, на первой странице руководства должны быть указаны следующие меры безопасности, заключенные в рамку, как показано на рисунках 6, 7 и 8:

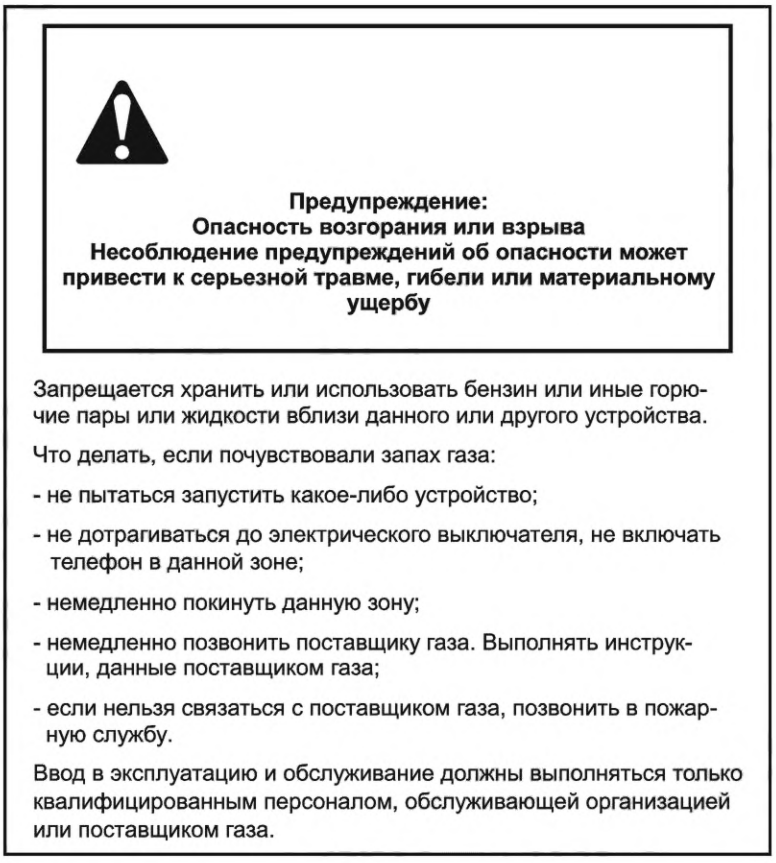

Рисунок 6 — Меры предосторожности для систем, работающих на одорированном газе

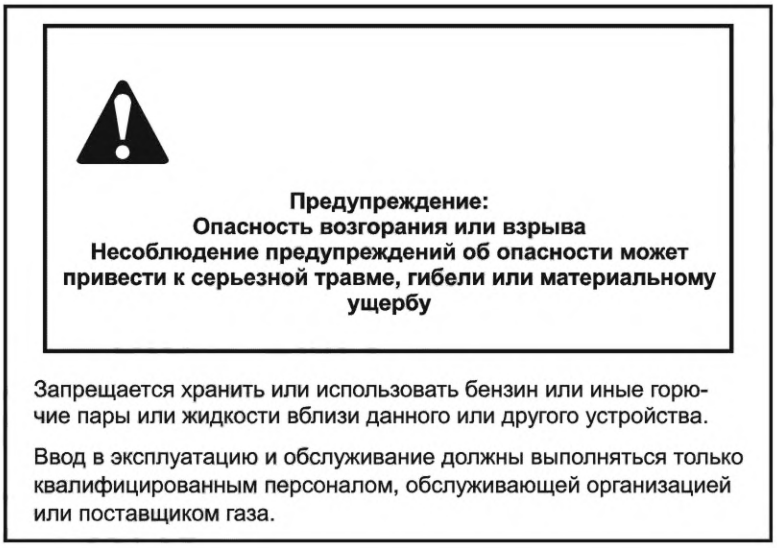

Рисунок 7 — Меры предосторожности для систем, работающих на неодорированном газе

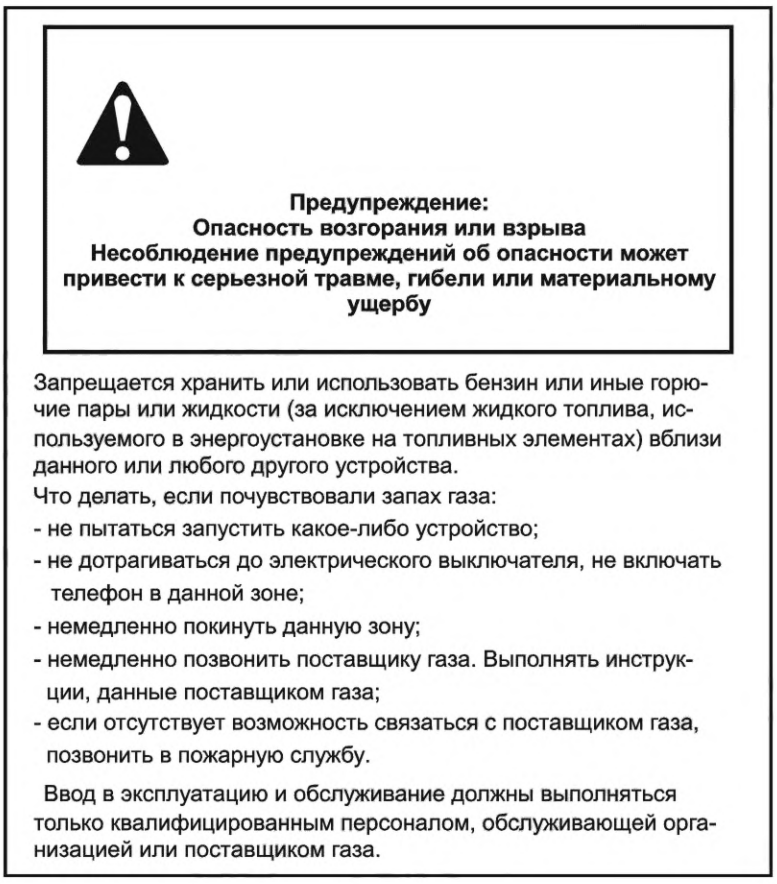

Рисунок 8 — Меры предосторожности для систем, работающих на жидком топливе

Передняя обложка должна содержать заявление, информирующее пользователей о том, что они должны прочитать все инструкции в руководстве и должны сохранить все руководства для дальнейшего использования.

b) Раздел безопасности

Раздел безопасности должен быть включен в начале руководства, чтобы предоставить пользователям топливных элементов список потенциальных опасностей и инструкции по технике безопасности для конкретной энергоустановки на основе топливных элементов. В раздел «Безопасность» должно быть включено со ссылками на конкретный раздел или страницу руководства следующее:

1) Инструкции, согласно которым пространство около топливного элемента должно содержаться в чистоте, а также в нем не должно быть горючих материалов, бензина и других легковоспламеняющихся газов, и жидкостей.

2) Если требуется воздух для горения или вентиляции, то должна быть инструкция, запрещающая блокировать и загораживать воздушные отверстия на топливном элементе, воздушные отверстия, сообщающиеся с областью, в которой установлен топливный элемент, а также пространство вокруг топливного элемента, которое обеспечивает зазоры для обеспечения и выпуска необходимого воздуха.

3) Инструкции по запуску и остановке топливного элемента. Эти инструкции должны графически иллюстрировать и определять местонахождение всех компонентов интерфейса пользователя.

4) Следующее утверждение: «Не используйте этот топливный элемент, если какая-либо его часть находилась под водой. Топливный элемент, в который попала вода, потенциально опасен. Попытки использовать такой топливный элемент могут привести к пожару или взрыву». Необходимо связаться с квалифицированным сервисным агентством для проверки топливного элемента и замены всех газовых регуляторов, частей системы управления, электрических частей, которые были намочены.

5) Технические требования к частоте замены или очистки фильтра, а также размеры и тип заменяемого фильтра. Эти инструкции должны содержать указания по снятию и замене фильтров, а также наглядно иллюстрировать и определять местонахождение всех компонентов, поставляемых производителем, упомянутых в инструкциях по снятию и замене фильтров.

6) Рекомендуемые методы периодической очистки частей, нуждающихся в таковой.

7) Инструкции по тестированию энергоустановки на основе топливных элементов, чтобы определить, что

I) любые впускные или выпускные отверстия, связанные с элементами, описанными в 4.5.2 и 4.5.3, чисты и не закупорены;

II) нет явных признаков износа топливного элемента.

8) Указание пользователю на необходимость тестирования и минимальную частоту, с которой необходимо его делать (см. 7.4.3 2) и 7), I) и II). Также необходимо указать, что топливный элемент должен периодически тестироваться квалифицированным сервисным агентом.

9) Указание на то, что чрезмерное воздействие загрязненного воздуха на систему питания, основанную на топливных элементах, может привести к проблемам, связанным с безопасностью и производительностью. Инструкции должны включать репрезентативный список известных загрязнителей.

c) Текстовая информация о безопасности

Текстовые инструкции по безопасности должны ссылаться на меры предосторожности, указанные на лицевой обложке и в разделе руководства, посвященного безопасности, или включать их. Описанные в руководстве потенциально опасные ситуации требуют создания дополнительных мер предосторожности.

7.4.4 Руководство по эксплуатации

В руководстве по эксплуатации должны быть подробно описаны надлежащие процедуры настройки и использования энергоустановки на основе топливных элементов. Особое внимание следует уделять предусмотренным защитным мерам и предполагаемым неправильным способам эксплуатации.

Руководство по эксплуатации должно включать раздел об опасностях, связанных с использованием энергоустановки на основе топливных элементов.

Если работа оборудования может быть запрограммирована, должна быть предоставлена подробная информация о методах программирования, необходимом оборудовании, проверке программы и дополнительных процедурах безопасности (при необходимости).

В инструкциях должна содержаться информация о шуме, создаваемом энергоустановкой на основе топливных элементов — фактическое значение либо значение, установленное на основе измерений, произведенных на идентичной энергоустановке на основе топливных элементов.

В случае энергосистемы, основанной на топливных элементах, которая также может быть предназначена для использования непрофессиональными операторами, формулировка и расположение инструкций по эксплуатации при соблюдении других важных требований, упомянутых выше, должны

учитывать уровень общего образования и сообразительности, который можно ожидать от таких операторов.

7.4.5 Руководство по техническому обслуживанию

В руководстве по техническому обслуживанию должны быть подробно описаны надлежащие процедуры регулировки, обслуживания, профилактического осмотра и ремонта. Рекомендации по техническому обслуживанию/ремонту должны быть частью руководства по техническому обслуживанию. Если предусмотрены методы проверки правильности работы (например, программы тестирования программного обеспечения), использование таких методов должно быть подробно описано.

Это руководство должно содержать четко определенные, разборчивые и полные инструкции, в отношении следующего:

a) Инструкции по запуску и остановке энергоустановки на основе топливных элементов. Эти инструкции должны графически иллюстрировать и указывать местонахождение всех соответствующих компонентов.

b) Технические требования к частоте замены или очистки фильтра, а также размер и тип фильтра, подлежащего замене. Эти инструкции должны содержать инструкции по снятию и замене фильтров, а также наглядно иллюстрировать и определять местонахождение всех компонентов, поставляемых производителем, упомянутых в инструкциях по снятию и замене фильтров.

c) Инструкции по предупреждению пользователей о любых электрических компонентах, которые могут сохранять остаточное напряжение/энергию после отключения, и о том, как правильно рассеять напряжение/энергию до безопасного уровня.

d) Рекомендуемые методы периодической очистки частей, нуждающихся в таковой.

e) Инструкции по смазке движущихся частей, включая тип, марку и количество смазки.

f) Инструкции по тестированию установки энергоустановки на основе топливных элементов для определения того, что:

1) все впускные или выпускные отверстия чисты и не имеют препятствий;

2) отсутствуют явные признаки физического износа энергосистемы на основе топливных элементов или ее опоры (т. е. основания, рамы, кожухов и т. д.).

g) Периодический осмотр системы вентиляции, обнаружения газа и связанных функциональных частей.

h) Список запасных частей, включая информацию, необходимую для заказа запасных или заменяемых частей.

i) Указания, согласно которым область вокруг энергоустановки на основе топливных элементов должна содержаться в чистоте и не содержать горючих материалов, бензина и других легковоспламеняющихся газов и жидкостей.

j) Следующее утверждение: «Не используйте эту энергоустановку на основе топливных элементов, если какая-либо ее часть находилась под водой. Немедленно вызовите квалифицированный обслуживающий персонал для проверки энергоустановки на основе топливных элементов и замены любой функциональной части, которая находилась под водой».

k) Инструкции и график нейтрализации конденсата, если необходимо.

Руководство по техническому обслуживанию также должно содержать перечень всех регулярных и текущих работ по техническому обслуживанию, которые должны выполняться на компонентах энергоустановки на основе топливных элементов, и указывать необходимость и минимальную частоту этих проверок.

Приложение А
(справочное)

Значительные опасности, опасные ситуации, события, рассматриваемые в настоящем стандарте

В таблице А.1 приведены существенные опасности, опасные ситуации и события, рассматриваемые в стандарте, вместе с соответствующими пунктами.

Таблица А.1 — Опасные ситуации и события

Существенные опасности, опасные ситуации и события	Пункт
Механические опасности, связанные со следующим:	
Вибрация	4.2; 4.12
Форма (острые поверхности)	4.4
Относительное местоположение (поездка/авария)	4.4
Масса и устойчивость (потенциальная энергия элементов, которые могут двигаться под действием силы тяжести)	4.4
Масса и скорость (кинетическая энергия элементов в управляемом или неконтролируемом движении)	4.4; 4.12
Несоответствие механической прочности (несоответствие спецификации материала или геометрии)	4.4; 4.5; 4.13
Жидкости под давлением (избыточное давление, выброс жидкостей под давлением, вакуум)	4.4; 4.5
Опасность поражения электрическим током, связанная со следующим:	
Накопленная электрическая энергия	4.7
Контакт людей с токоведущими частями (прямой контакт)	4.7
Контакт людей с частями, которые оказались под напряжением при неисправных условиях (непрямой контакт)	4.7
Подход к токоведущим частям, находящимся под высоким напряжением	4.7
Электростатические явления	4.6; 4.7
Электромагнитные явления	4.8
Тепловые/химические эффекты от коротких замыканий, перегрузок	4.7
Выбросы расплавленных частиц	4.7
Термические опасности, связанные со следующим:	
Контакт людей с поверхностями, нагретыми до экстремально высоких температур	4.4
Выброс жидкостей, нагретых до высокой температуры	4.5
Термическая усталость	4.3; 4.5
Перегрев оборудования, приводящий к небезопасным условиям	4.9
Следующие опасности, создаваемые материалами и веществами:	
От контакта с или вдыхания вредных веществ (жидкостей, газов, туманов, паров и пыли)	4.4
Пожара или взрыва из-за утечки легковоспламеняющихся жидкостей	4.6
Пожара или взрыва из-за внутреннего скопления горючей смеси	4.6
Опасные ситуации, вызванные износом материала (например, коррозией) или накоплением (например, засорением)	4.3

Окончание таблицы А.1

Существенные опасности, опасные ситуации и события	Пункт
Удушье	4.4
Реактивные материалы (пирофорные)	4.4
Опасности, связанные с неисправностями:	
Небезопасная работа из-за сбоев или несоответствия программного обеспечения или логики управления	4.9
Небезопасная работа из-за отказов цепи управления или компонентов защиты/безопасности	4.9
Небезопасная работа из-за отключения электроэнергии	4.9
Опасности, связанные с пренебрежением принципами эргономики:	
Из-за неправильной конструкции, расположения или идентификации ручных средств управления	4.9
Из-за ненадлежащей конструкции или расположения блоков визуальной индикации и предупреждающих знаков	4.9
Шум	4.4
Опасности, вызванные ошибочным вмешательством человека:	
Из-за отклонения от правильной эксплуатации	4.9; 7.4
Из-за ошибок при изготовлении/установке	4.4; 7.4
Из-за ошибок при обслуживании	7.4
Вандализм	
Опасности, связанные с окружающей средой:	
Небезопасная работа в экстремально жарких/холодных средах	4.13
Дождь, наводнение	4.13
Ветер	4.13
Землетрясение	4.4
Внешний пожар	
Дым	
Снег, ледовая нагрузка	4.13
Атака паразитов	
Загрязнение воздуха	4.4
Загрязнение воды	4.4; 4.5
Загрязнение почвы	4.4

Приложение В
(справочное)

Науглероживание и совместимость материалов для водородных систем

В.1 Науглероживание

Обычное науглероживание — известная проблема жаропрочных сплавов в печах парового риформинга. Оно вызвано внутренней миграцией углерода, источником которого является крекинг углеводородов, что приводит к образованию карбидов в металлической матрице. Этому процессу способствует высокая температура, обычно выше 800 °С. В конечном итоге науглероживание приводит к потере пластичности.

Как правило, науглероживание сплава приводит к низкой пластичности при температуре окружающей среды. Накопление углерода увеличивает объем металла и коэффициент расширения, что приведет к сильным внутренним напряжениям, которые приводят к преждевременному выходу оборудования из строя. Отказ обычно происходит из-за ползучести и малоцикловой усталости. Если науглероживание достаточно сильное, оно также может повлиять на характеристики ползучести и разрушения при повышенных температурах. Однако, есть различия в допусках между различными сплавами.

Обычно скорость науглероживания зависит от:

a) температуры — скорость увеличивается примерно вдвое на каждые 55 °С;

b) кинетики реакции, которая регулируется соотношением CO/CO_2 в газе и температурой;

c) условий сильного науглероживания, которые представляют собой потоки $CO/CH_4/H_2$ с низким соотношением пар/углерод при промежуточных температурах (обычно от 450 °С до 850 °С) и оксидный слой с трещинами;

d) содержания никеля и кремния — чем выше содержание, тем лучше;

e) защитных и восстанавливающих оксидных пленок — наличие в сплаве Al, Cr, Si выгодно.

Эти правила являются общими и не могут быть верными для всех комбинаций материала/окружающей среды из-за аномального характера реакций металлов.

В.2 Совместимость материалов для работы с водородом

В.2.1 Общие положения

Компоненты, в которых обрабатывается газообразный водород или водородсодержащие жидкости, а также все части, используемые для их герметизации или соединения, должны быть достаточно стойкими к химическому и физическому воздействию водорода в рабочих условиях.

В.2.2 Металлы и металлические материалы

Конструкционные материалы, подверженные воздействию водорода в их рабочей среде, могут проявлять повышенную восприимчивость к коррозии, вызванной водородом, за счет различных механизмов, таких как водородное охрупчивание и водородная атака.

Водородное охрупчивание определяется как процесс, приводящий к снижению трещиностойкости или пластичности металла из-за проникновения атомарного водорода.

Классически водородное охрупчивание принято делить на два типа. Первый, известный как внутрннее водородное охрупчивание, происходит, когда водород проникает в металлическую матрицу во время обработки материалов и перенасыщает металл водородом. Второй тип, водородное охрупчивание в окружающей среде, возникает в результате поглощения водорода твердыми металлами из рабочей среды.

Атомарный водород, растворенный в металле, взаимодействует с собственными дефектами металла, как правило, увеличивая склонность к распространению трещин, тем самым ухудшая такие основные свойства, как пластичность и трещиностойкость. Существуют важные параметры, относящиеся как к материалу, так и к окружающей среде, которые способствуют разрушению металлов водородом. Микроструктура материала является важным фактором, учитывающая иные фазы, которые могут присутствовать, а могут и не присутствовать из-за вариаций состава при обработке, которые способны влиять на сопротивление металла разрушению. Иные фазы, такие как ферритовые стрингеры в аустенитных нержавеющих сталях, также могут иметь определенную ориентацию, приводящую к сильной анизотропной реакции в материалах. Также металлы могут быть обработаны таким образом, чтобы иметь широкий диапазон прочности, а сопротивление разрушению под действием водорода, как известно, уменьшается по мере увеличения прочности сплава.

Параметры окружающей среды, влияющие на образование трещин под действием водорода, включают давление водорода, температуру, химическую среду и величину нагрузки. В целом, трещинообразование увеличивается по мере повышения давления водорода. Влияние температуры может быть неравномерным. Некоторые металлы, такие как аустенитная нержавеющая сталь, проявляют локальный максимум в трещинообразовании под действием водорода в зависимости от температуры. По неизвестной причине незначительные газовые примеси в водороде также могут влиять на трещинообразование. Например, влага может оказаться губительной для алюминиевых сплавов, поскольку при влажном окислении получается высоколетучий водород, в то время как для некоторых марок стали считается, что влага повышает устойчивость к трещинообразованию за счет образования поверхностных пленок, которые служат кинетическими барьерами, мешающими поглощению водорода. Как пра-

вило, в присутствии водорода наблюдается так называемый обратный эффект скорости деформации; другими словами, металлы менее чувствительны к трещинообразованию под действием водорода при высоких скоростях деформации.

При температурах, близких к температуре окружающей среды, это явление может влиять на металлы с объемноцентрированной кубической кристаллической решеткой (например, ферритные стали). В отсутствие остаточного напряжения или внешней нагрузки водородное охрупчивание в окружающей среде проявляется в различных формах, таких как образование пузырей, внутреннее растрескивание, образование гидридов и снижение пластичности. Если напряжения растяжения или коэффициент интенсивности напряжений превышают определенное пороговое значение, атомарный водород взаимодействует с металлом, что вызывает субкритическое разрастание трещины, приводя к разрушению.

Водородное охрупчивание может произойти во время термической обработки при повышенных температурах и в процессе эксплуатации во время нанесения гальванопокрытия, контакта с химическими веществами для обслуживания, реакций коррозии, катодной защиты и работы с водородом, находящимся при высоком давлении и высокой температуре.

При температурах выше 473 °С многие низколегированные конструкционные стали могут пострадать от водородного воздействия. Это необратимая деградация микроструктуры стали, вызванная химической реакцией между диффундирующим водородом и частицами карбида в сталях, которая приводит к зарождению, росту и слиянию пузырьков метана по границам зерен с образованием трещин.

Водородное охрупчивание происходит в металлах, таких как титан и цирконий, и представляет собой процесс образования термодинамически стабильных и относительно хрупких гидридных фаз внутри структуры.

Плакированная сварка и сварные швы между разнородными материалами часто связаны с высоколегированными материалами. Во время работы при температурах выше 250°С водород диффундирует в линию плавления между высоколегированным сварным швом и нелегированным/низколегированным основным материалом. Во время отключения температура материала падает. Пониженная растворимость и диффузионная способность водорода разрушает сварной шов из-за отсоединения.

Ниже приведены некоторые общие рекомендации по снижению риска водородного охрупчивания.

Необходимо выбирать сырье с низкой восприимчивостью к водородному охрупчиванию, контролируя химический состав (например, использование карбидных стабилизаторов), микроструктуру (например, использование аустенитных нержавеющих сталей) и механические свойства (например, ограничение твердости, предпочтительно ниже 225 HV, и минимизация остаточных напряжений за счет термической обработки). Следует использовть методы испытаний, указанные в *ГОСТ ISO 11114-4*, чтобы выбрать металлические материалы, устойчивые к водородной хрупкости. Публикация API 941 показывает ограничения для различных типов стали в зависимости от давления и температуры водорода. Восприимчивость к водородному охрупчиванию некоторых обычно используемых металлов резюмируется в *[3]*.

Плакированные сварные швы и сварные швы между разнородными материалами, используемыми в водородной среде, следует проверять ультразвуком через регулярные промежутки времени и после неконтролируемых остановок, в которых оборудование могло быстро охлаждаться.

Необходимо свести к минимуму уровень прилагаемого напряжения и подверженность усталостным ситуациям.

При нанесении гальванических покрытий на детали следует управлять площадью поверхности анода/катода и эффективностью, чтобы обеспечить надлежащий контроль приложенных плотностей тока. Сильная плотность тока увеличивает заряд водорода.

Рекомендуется очищать металлы в некатодных щелочных растворах и в растворах ингибированных кислот.

Следует использовать абразивные чистящие средства для материалов с твердостью 40 HRC или выше.

При необходимости используют контрольные проверки процесса, чтобы снизить риск водородного охрупчивания во время производства.

В.2.3 Полимеры, эластомеры и другие неметаллические материалы

Большинство полимеров можно считать подходящими для работы с газообразным водородом. Следует должным образом учитывать тот факт, что водород диффундирует через эти материалы гораздо легче, чем через металлы. Политетрафторэтилен (ПТФЭ) и полихлортрифторэтилен (ПХТФЭ) обычно подходят для работы с водородом. Следует проверить пригодность других материалов. Руководство можно найти в *[3]* и документе NASA NSS 1740.10. См. также ANSI/AGA 3.1:2014 для руководства в отношении прокладок, диафрагм и других неметаллических деталей.

Дополнительное руководство по коррозии с водородом и методам контроля можно найти в стандартах и организациях, указанных в В.2.4.

В.2.4 Список документов

В.2.4.1 Американское общество по испытанию материалов (АСТМ)

АСТМ В577-93:2004

Стандартные методы испытаний для определения оксида меди (склонность к водородному охрупчиванию) в меди

ACTM B839-04-2014

Стандартный метод испытаний на остаточное охрупчивание изделий с металлическим покрытием, изделий с внешней резьбой, крепежных деталей и стержней. Метод наклонного клина

ACTM B849-02:2014

Стандартные технические условия на предварительную обработку железа или стали для снижения риска водородного охрупчивания

ACTM B850-98:2015

Стандартное руководство по обработке стали после нанесения покрытия для снижения риска водородного охрупчивания

ACTM E1681-03:2013

Стандартный метод испытаний для определения коэффициента пороговой интенсивности напряжения для растрескивания металлического материала под воздействием окружающей среды

ACTM F1459-06:2017

Стандартный метод испытаний для определения восприимчивости металлических материалов к водородному охрупчиванию

ACTM F1624-12:2012

Стандартный метод испытаний для измерения порога водородного охрупчивания стали методом постепенного ступенчатого нагружения

ACTM F1940-01:2014

Стандартный метод испытаний для проверки управления технологическим процессом для предотвращения водородного охрупчивания крепежных изделий с гальваническим покрытием или другим типом покрытия

ACTM F2078-01:2001

Стандартная терминология, относящаяся к испытаниям на водородное охрупчивание

ACTM F326-17:2017

Стандартный метод испытаний для электронных измерений водородного охрупчивания в процессах гальванического покрытия кадмием

ACTM F519-17:2017

Стандартный метод механических испытаний для оценки водородного охрупчивания в процессах нанесения покрытий и условий эксплуатации

ACTM G129-00:2013

Стандартная практика испытаний на медленную скорость деформации для оценки восприимчивости металлических материалов к растрескиванию под воздействием окружающей среды

ACTM G142-98:2016

Стандартный метод испытаний для определения склонности металлов к охрупчиванию в водородосодержащих средах при высоком давлении, высокой температуре или и при том, и при другом

ACTM G146-01:2013

Стандартная практика оценки отслоения биметаллической пластины из нержавеющего сплава/стали для использования в водородной среде высокого давления и высокой температуры на нефтеперерабатывающих заводах

ACTM G148-97:2018

Стандартная практика оценки поглощения, проникновения и транспорта водорода в металлах электрохимическим методом

В.2.4.2 Национальная ассоциация инженеров по коррозии (NACE)

NACE TM0177-96:2016

Лабораторные испытания металлов на стойкость к сульфидному растрескиванию под напряжением в сероводородной (H_2S) среде

NACE TM0284-96:2016

Стандартный метод испытаний — оценка стали для трубопроводов и сосудов под давлением на стойкость к водородному растрескиванию

В.2.4.3 Американский институт нефти (API)

API RP 941:1997

Стали для работы с водородом при повышенных температурах и давлениях на нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах

API 934: 2000

Требования к материалам и изготовлению толстостенных сосудов высокого давления из стали 2-1/4Cr-1Mo и 3Cr-1Mo для работы с водородом высокого давления, температуры

В.2.4.4 Американское общество сварщиков (AWS)

ANSI/AWS A4.3-93:2006

Стандартные методы определения содержания диффузионного водорода в металле шва мартенситной, бейнитной и ферритной стали, полученного дуговой сваркой

ANSI/AGA NGV3.1:2014

Компоненты топливной системы автомобилей, работающих на природном газе

В.2.4.5 Американское общество инженер-механиков (ASME)

ASME Код котлов и сосудов под давлением

ASME/ANSI B31.3 Трубопровод химических заводов и нефтеперерабатывающих заводов

ASME/ANSI B31.1 Силовой трубопровод

В.2.4.6 Общество автомобильных инженеров (SAE)

SAE/AMS 2451/4:2017

Покрытие, щетка, кадмий — защита от коррозии, низкое водородное охрупчивание

SAE/AMS 2759/9:1996

Снятие водородного охрупчивания (обжиг) стальных деталей

SAE /USCAR 5:2002

Предотвращение водородного охрупчивания стали

В.2.4.7 Международная организация по стандартизации (ИСО)

ИСО 2626:1973

Медь. Метод определения водородной хрупкости

ИСО 3690:2012

Сварка и смежные процессы. Определение содержания водорода в металле шва дуговой сварки

ИСО 7539-6:2011

Коррозия металлов и сплавов. Испытание на коррозию под напряжением. Часть 6. Приготовление и использование образцов, подвергнутых предварительному растрескиванию, для испытаний при постоянной нагрузке или постоянном смещении

ИСО 9587:2007

Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Предварительная обработка железа или стали для снижения риска водородного охрупчивания

ИСО 9588:2007

Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Обработка чугуна или стали после нанесения покрытия для снижения риска водородного охрупчивания

ИСО 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

ИСО 15330:1999

Детали крепежные. Испытание на предварительную нагрузку для обнаружения водородного охрупчивания. Метод с применением параллельных несущих поверхностей

ИСО 15724:2001

Металлические и другие неорганические покрытия. Электрохимическое измерение диффундирующего водорода в сталях. Метод с применением задающего электрода

ИСО 17081:2014

Металлы. Метод измерения водородопроницаемости, поглощения и переноса водорода электрохимическим способом

В.2.4.8 Технические стандарты НАСА

NSS 1740.16

Стандарт безопасности для водорода и водородных систем

Приложение С
(обязательное)

Нормативные пункты для малых энергоустановок на основе топливных элементов с номинальной электрической мощностью менее 10 кВт и максимальным давлением в каналах подвода топлива и окислителя 0,1 МПа

В приложении С представлены заменяющие пункты для малых стационарных энергосистем, основанных на топливных элементах, с номинальной электрической мощностью менее 10 кВт и максимально допустимым давлением в каналах подвода топлива и окислителя менее 0,1 МПа. Приложение В применяют только к типовым испытаниям, оно не распространяется на дополнительный теплогенератор.

4.9.2.2 Старт

Начало эксплуатации возможно только тогда, когда устройства безопасности установлены и находятся в рабочем состоянии.

Должны быть предусмотрены соответствующие блокировки для обеспечения правильного последовательного запуска.

Перезапуск автоматизированной установки, работающей в автоматическом режиме, после остановки должен быть осуществим только после того, как выполнены все условия безопасности. Также должна быть предусмотрена возможность перезапуска малой энергосистемы, основанной на топливных элементах, обслуживающим персоналом при условии, что такой перезапуск не является опасным.

Это требование не применяется, если перезапуск малой энергосистемы, основанной на топливных элементах, осуществляется в результате нормальной последовательности автоматического цикла.

4.13.3 Малая энергоустановка на основе топливных элементов, предназначенная для использования на открытом воздухе, должна быть спроектирована и испытана так, чтобы соответствовать минимальному рейтингу IPX4D.

5.6 Типовое испытание в нормальном режиме работы

Следует проверить электрические параметры, указанные на паспортной табличке. Номинальную мощность следует измерять не менее 3 ч после того, как номинальная мощность была достигнута и выдержана в течение 30 мин.

5.10.1 Общие положения

Процедуры, описанные в 5.10, связаны с запуском всех компонентов, предназначенных для проведения контролируемой реакции окисления, например сжигания (пусковая горелка секции риформинга), каталитического частичного окисления и каталитического сжигания. Однако каталитический реактор линии продуктов сгорания «исключен».

Для малых энергосистем, основанных на топливных элементах, необходимо провести только испытания, описанные в пунктах «испытания зажигания» и «автоматизированное управление испытаниями реакторов каталитического окисления».

Примечание — 5.10 также применим к каталитическому реактору анодных газов.

5.11 Проверка температуры выхлопных газов

Если энергоустановка на основе топливных элементов обеспечена вентиляционной системой, максимальная температура выхлопных газов, транспортируемых этой вентиляционной системой, не должна превышать 260 °С или температур, приемлемых для материалов, из которых изготовлена вентиляционная система.

Методика проведения испытания: Температура выхлопных газов должна быть измерена с помощью термопары или аналогичных устройств. Нужно использовать достаточное количество инструментов, чтобы установить максимальную температуру в потоках выхлопных газов, для этого следует учесть размеры и симметрию вентиляционной системы.

Малая энергоустановка на основе топливных элементов должна быть установлена и эксплуатироваться в соответствии с указаниями 5.3. Когда достигнуты условия равновесия, максимальная температура выхлопных газов должна определяться в соответствии с указаниями, данными выше. Измеренная температура не должна превышать 260 °С или более низких температур, приемлемых для материалов, из которых изготовлена вентиляционная система.

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 ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ 12.1.044—89	MOD	ISO 4589:1984 «Пластмассы. Определение воспламеняемости по кислородному числу»
ГОСТ 14254 (IEC 60529:2013)	MOD	IEC 60529:2013 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)»
ГОСТ 30804.3.11 (IEC 61000-3-11:2000)	MOD	IEC 61000-3-11:2000 «Совместимость технических средств электромагнитная. Колебания напряжения и фликер, вызываемые техническими средствами с потребляемым током не более 75 А (в одной фазе), подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения при определенных условиях. Нормы и методы испытаний»
ГОСТ 30804.6.1 (IEC 61000-6-1:2005)	MOD	IEC 61000-6-1:2005 «Электромагнитная совместимость. Часть 6. Общие стандарты. Раздел 1. Помехоустойчивость оборудования, используемого в жилых районах, районах с коммерческими предприятиями и районах с небольшими промышленными предприятиями»
ГОСТ 30804.6.2 (IEC 61000-6-2:2005)	MOD	IEC 61000-6-2:2005 «Электромагнитная совместимость. Часть 6-2. Общие стандарты. Помехоустойчивость оборудования, используемого в районах с промышленными предприятиями»
ГОСТ 31610.0—2019 (IEC 60079-0:2017)	MOD	IEC 60079-0:2017 «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования»
ГОСТ 31610.20-1	MOD	ISO/IEC 80079-20-1:2017 «Взрывоопасные среды. Часть 20-1. Характеристики материалов для классификации газа и пара. Методы испытаний и данные»
ГОСТ 31610.30-1 (IEC/IEEE 60079-30-1:2015)	MOD	IEC/IEEE 60079-30-1:2015 «Взрывоопасные среды. Часть 30-1. Резистивный распределенный электронагреватель. Общие требования и требования к испытаниям»
ГОСТ 31843	MOD	ISO 13707:2000 «Промышленность нефтяная и газовая. Поршневые компрессоры»
ГОСТ 32601 (ISO 13709:2009)	MOD	ISO 13709:2009 «Центробежные насосы для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности»
ГОСТ 34343	MOD	ISO 12499:1999 «Вентиляторы промышленные. Механическая безопасность вентиляторов. Защитные устройства»
ГОСТ ISO 11114-4	IDT	ISO 11114-4:2012 «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 13849-1	IDT	ISO 13849-1:2006 «Безопасность машин. Детали систем управления, связанные с обеспечением безопасности. Часть 1. Общие принципы проектирования»

Продолжение таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ ISO 23550	IDT	ISO 23550:2011 «Устройства защиты и контроля для газовых горелок и устройств, работающих на газе. Общие требования»
ГОСТ ISO 23551-1	IDT	ISO 23551-1:2012 «Предохранители и регуляторы для газовых горелок и газосжигательного оборудования. Частные требования. Часть 1. Автоматические и полуавтоматические клапаны»
ГОСТ IEC 60079-2	IDT	IEC 60079-2 «Взрывоопасные среды. Часть 2. Оборудование с видом взрывозащиты «оболочки под избыточным давлением «р»»
ГОСТ IEC 60079-10-1	IDT	IEC 60079-10-1 «Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды»
ГОСТ IEC 60079-29-1	IDT	IEC 60079-29-1 «Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Требования к эксплуатационным характеристикам газоанализаторов горючих газов»
ГОСТ IEC 60335-1	IDT	IEC 60335-1(2015) «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 1. Общие требования»
ГОСТ IEC 60335-2-51	IDT	IEC 60335-2-51(2008) «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2-51. Частные требования к стационарным циркуляционным насосам для отопительных систем и систем водоснабжения»
ГОСТ IEC 60730-1	IDT	IEC 60730-1(2013) «Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 1. Общие требования»
ГОСТ IEC 60730-2-5	IDT	IEC 60730-2-5(2013) «Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 2-5. Частные требования к автоматическим электрическим системам управления горелками»
ГОСТ IEC 60730-2-6	IDT	IEC 60730-2-6(2015) «Автоматические электрические управляющие устройства. Часть 2-6. Частные требования к автоматическим электрическим управляющим устройствам, чувствительным к давлению, включая требования к механическим характеристикам»
ГОСТ IEC 60730-2-9	IDT	IEC 60730-2-9(2008) «Автоматические электрические управляющие устройства бытового и аналогичного назначения. Часть 2-9. Частные требования к термочувствительным управляющим устройствам»
ГОСТ IEC 60950-1	IDT	IEC 60950-1(2013) «Оборудование информационных технологий. Требования безопасности. Часть 1. Общие требования»
ГОСТ IEC 61000-3-2	IDT	IEC 61000-3-2(2021) «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-2. Нормы. Нормы эмиссии гармонических составляющих тока (оборудование с выходным током не более 16 А на фазу)»
ГОСТ IEC 61000-3-3	IDT	IEC 61000-3-3(2013) «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-3. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения для оборудования с номинальным током не более 16 А (в одной фазе), подключаемого к сети электропитания без особых условий»

Продолжение таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ IEC/TS 61000-3-5	IDT	IEC/TS 61000-3-5(2009) «Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение колебаний напряжения и фликера, вызываемых техническими средствами с номинальным током более 75 А, подключаемыми к низковольтным системам электроснабжения. Нормы и методы испытаний»
ГОСТ IEC 61000-6-3	IDT	IEC 61000-6-3(2011) «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-3. Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для жилых, коммерческих и легких промышленных обстановок»
ГОСТ IEC 61000-6-4	IDT	IEC 61000-6-4(2011) «Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-4. Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для промышленных обстановок»
ГОСТ IEC 61508-3	IDT	IEC 61508-3(2010) «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью. Часть 3. Требования к программному обеспечению»
ГОСТ IEC 62040-1	IDT	IEC 62040-1(2013) «Системы бесперебойного энергоснабжения (UPS). Часть 1. Общие положения и требования безопасности к UPS»
ГОСТ IEC 62368-1	IDT	IEC 62368-1(2010) «Аудио/видео-, информационное и коммуникационное технологическое оборудование. Часть 1. Требования безопасности»
ГОСТ Р 27.303 (МЭК 60812:2018)	MOD	IEC 60812(2018) «Анализ видов и последствий отказов (FMEA и FMECA)»
ГОСТ Р 51317.3.4 (МЭК 61000-3-4:1998)	MOD	IEC/TS 61000-3-4(1998) «Электромагнитная совместимость. Часть 3-4. Пределы. Ограничение эмиссии гармонических составляющих токов в низковольтных системах питания для оборудования с номинальным током свыше 16А»
ГОСТ Р 54802 (ИСО 13631:2002)	MOD	ISO 13631:2002 «Промышленность нефтяная и газовая. Агрегатированные поршневые газовые компрессоры»
ГОСТ Р ИСО 26142	IDT	ISO 26142:2010 «Приборы стационарные для обнаружения водорода»
ГОСТ Р МЭК 60204-1	IDT	IEC 60204-1 (2005) «Безопасность машин и механизмов. Электрооборудование промышленных машин. Часть 1. Общие требования»
ГОСТ Р МЭК 61508-1	IDT	IEC 61508-1 (2010) «Системы электрические/электронные/программируемые электронные, связанные с функциональной безопасностью. Часть 1. Общие требования»
ГОСТ Р МЭК 61508-2	IDT	IEC 61508-2 (2010) «Системы электрические/электронные/программируемые электронные, связанные с функциональной безопасностью. Часть 2. Требования к электрическим/электронным/программируемым электронным системам, связанным с безопасностью»
ГОСТ Р МЭК 61508-4	IDT	IEC 61508-4 (2010) «Системы электрические/электронные/программируемые электронные, связанные с функциональной безопасностью. Часть 4. Определения и сокращения»

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного национального, межгосударственного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р МЭК 61508-5	IDT	IEC 61508-5 (2010) «Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, связанных с безопасностью. Часть 5. Примеры методов для определения уровней целостности защиты»
ГОСТ Р МЭК 61508-6	IDT	IEC 61508-6 (2010) «Системы электрические/электронные/программируемые электронные, связанные с функциональной безопасностью. Часть 6. Руководящие указания по применению стандартов IEC 61508-2 и IEC 61508-3»
ГОСТ Р МЭК 61508-7	IDT	IEC 61508-7 (2010) «Функциональная безопасность электрических/электронных/программируемых электронных систем, обеспечивающих безопасность. Часть 7. Обзор методов и средств измерения»
ГОСТ Р МЭК 61511-1	IDT	IEC 61511-1 (2016) «Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов. Часть 1. Термины, определения и технические требования»
ГОСТ Р МЭК 62061	IDT	IEC 62061 (2005) «Безопасность машин и механизмов. Функциональная безопасность электрических, электронных и программируемых электронных систем контроля, связанных с безопасностью»
Примечание — В настоящей таблице использованы следующие условные обозначения степени соответствия стандартов: - MOD — модифицированные стандарты; - IDT — идентичные стандарты.		

Библиография

[1]	SAE J1739	Анализ возможных видов отказов и их последствий при проектировании (анализ FMEA проектирования), анализ возможных видов отказов и их последствий в процессах производства и сборки (FMEA процессов) и анализ последствий для машинного оборудования (FMEA машинного оборудования) (Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) and Effects Analysis for Machinery (Machinery FMEA))
[2]	МЭК 61025	Анализ дерева отказов (FTA) (Fault tree analysis (FTA))
[3]	ISO/TR 15916	Основные положения по безопасности водородных систем (Basic considerations for the safety of hydrogen systems)
[4]	ASME B31.12	Водородные трубопроводы и трубопроводы (Hydrogen piping and pipelines)
[5]	*ИСО 15649:2001*	*Нефтяная и газовая промышленность. Система трубопроводов (Petroleum and natural gas industries — Piping)*
[6]	*МЭК 60079-0:2017*	*Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования (Explosive atmospheres — Part 0: Equipment — General requirements)*
[7]	*МЭК 60079-1:2014*	*Взрывоопасные среды. Часть 1. Оборудование с видом взрывозащиты «взрывонепроницаемые оболочки «d» (Explosive atmospheres — Part 1: Equipment protection by flameproof enclosures «d»)*
[8]	*МЭК 60079-5:2015+AMD1:2022*	*Взрывоопасные среды. Часть 5. Оборудование с видом взрывозащиты «кварцевое заполнение оболочки «q» (Explosive atmospheres — Part 5: Equipment protection by powder filling «q»)*
[9]	*МЭК 60079-6:2015+AMD1:2020*	*Взрывоопасные среды. Часть 6. Оборудование с видом взрывозащиты «масляное заполнение оболочки «o» (Explosive atmospheres — Part 6: Equipment protection by liquid immersion «o»)*
[10]	*МЭК 60079-7:2015+AMD1:2017*	*Взрывоопасные среды. Часть 7. Оборудование. Повышенная защита вида «e» (Explosive atmospheres — Part 7: Equipment protection by increased safety «e»)*
[11]	*МЭК 60079-10-2:2015*	*Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды (Explosive atmospheres — Part 10-2: Classification of areas — Explosive dust atmospheres)*
[12]	*МЭК 60079-11:2023*	*Взрывоопасные среды. Часть 11. Оборудование с видом искрозащиты «i» (Explosive atmospheres — Part 11: Equipment protection by intrinsic safety «i»)*
[13]	*МЭК 60079-13:2017*	*Взрывоопасные среды. Часть 13. Защита оборудования помещениями под избыточным давлением «p» и помещениями с искусственной вентиляцией «v» (Explosive atmospheres — Part 13: Equipment protection by pressurized room «p» and artificially ventilated room «v»)*
[14]	*МЭК 60079-14:2013*	*Взрывоопасные среды. Часть 14. Проектирование, выбор и монтаж электроустановок (Explosive atmospheres — Part 14: Electrical installations design, selection and erection)*
[15]	*МЭК 60079-15:2017*	*Взрывоопасные среды. Часть 15. Оборудование с видом взрывозащиты «n» (Explosive atmospheres — Part 15: Equipment protection by type of protection «n»)*
[16]	*IEC/TR 60079-16:1990*	*Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред. Часть 16. Искусственная вентиляция для защиты помещений, предназначенных для установки анализаторов (Electrical apparatus for explosive gas atmospheres; part 16: artificial ventilation for the protection of analyzer(s) houses)*

[17] МЭК 60079-17:2013 — Взрывоопасные газовые среды. Часть 17. Контроль и техническое обслуживание электрических установок (Explosive atmospheres — Part 17: Electrical installations inspection and maintenance)

[18] МЭК 60079-18:2014+AMD1:2017 — Взрывоопасные среды. Часть 18. Оборудование с видом взрывозащиты «герметизация компаундом «m»» (Explosive atmospheres — Part 18: Equipment protection by encapsulation «m»)

[19] МЭК 60079-19:2019 — Взрывоопасные среды. Часть 19. Ремонт, проверка и восстановление электрооборудования (Explosive atmospheres — Part 19: Equipment repair, overhaul and reclamation)

[20] МЭК 60079-25:2020 — Взрывоопасные среды. Часть 25. Искробезопасные электрические системы (Explosive atmospheres — Part 25: Intrinsically safe electrical systems)

[21] МЭК 60079-26:2021 — Взрывоопасные среды. Часть 26. Оборудование с элементами разделения или комбинированными уровнями взрывозащиты (Explosive atmospheres — Part 26: Equipment with Separation Elements or combined Levels of Protection)

[22] МЭК 60079-28:2015 — Взрывоопасные среды. Часть 28. Защита оборудования и передающих систем, использующих оптическое излучение (Explosive atmospheres — Part 28: Protection of equipment and transmission systems using optical radiation)

[23] МЭК 60079-29-2:2015 — Атмосферы взрывоопасные. Часть 29-2. Газоанализаторы. Выбор, монтаж, применение и техническое обслуживание газоанализаторов горючих газов и кислорода (Explosive atmospheres — Part 29-2: Gas detectors — Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen)

[24] МЭК 60079-29-3:2014 — Атмосфера взрывоопасная. Часть 29-3. Газовые детекторы. Руководство по функциональной безопасности стационарных систем обнаружения газа (Explosive atmospheres — Part 29-3: Gas detectors — Guidance on functional safety of fixed gas detection systems)

[25] МЭК 60079-29-4:2009 — Взрывоопасные газовые среды. Часть 29-4. Детекторы газа. Требования к рабочим характеристикам детекторов свободного газохода для воспламеняемых газов (Explosive atmospheres — Part 29-4: Gas detectors — Performance requirements of open path detectors for flammable gases)

[26] МЭК 60079-31:2022 — Взрывоопасные среды. Часть 31. Оборудование с защитой от воспламенения пыли оболочками «t» (Explosive atmospheres — Part 31: Equipment dust ignition protection by enclosure «t»)

[27] МЭК /ТС 60079-32-1:2013 — Взрывоопасные среды. Часть 32-1. Электростатика. Опасные проявления. Руководство (Explosive atmospheres — Part 32-1: Electrostatic hazards, guidance)

[28] МЭК 60079-32-2:2015 — Взрывоопасные среды. Часть 32-2. Электростатика. Опасные проявления. Методы испытаний (Explosive atmospheres — Part 32-2: Electrostatics hazards — Tests)

[29] МЭК 60079-33:2012 — Среды взрывоопасные. Часть 33. Оборудование для конкретного вида защиты (Explosive atmospheres — Part 33: Equipment protection by special protection 's')

[30] МЭК 60079-35-1:2011 — Взрывоопасные атмосферы. Часть 35-1. Головные лампы для использования в шахтах, атмосфера которых чувствительна к рудничным газам. Общие требования. Конструкции и испытания, связанные с риском взрыва (Explosive atmospheres — Part 35-1: Caplights for use in mines susceptible to firedamp — General requirements — Construction and testing in relation to the risk of explosion)

[31] МЭК 60079-35-2:2011 — Взрывоопасные атмосферы. Часть 35-2. Головные лампы для использования в шахтах, атмосфера которых чувствительна к рудничным газам. Эксплуатационные характеристики и другие вопросы, относящиеся к безопасности (Explosive atmospheres — Part 35-2: Caplights for use in mines susceptible to firedamp — Performance and other safety-related matters)

[32] IEC/TS 60079-39:2015 — Взрывоопасные среды. Часть 39. Искробезопасные системы с электронным ограничением длительности искрового разряда (Explosive atmospheres — Part 39: Intrinsically safe systems with electronically controlled spark duration limitation)

[33] IEC/TS 60079-40:2015 — Взрывоопасные среды. Часть 40. Требования к технологическим уплотнениям между легковоспламеняющимися технологическими жидкими средами и электрическими системами (Explosive atmospheres — Part 40: Requirements for process sealing between flammable process fluids and electrical systems)

[34] IEC/TS 60079-42:2019 — Взрывоопасные среды. Часть 42. Предохранительные устройства взрывозащищенного оборудования для контроля потенциальных источников возгорания (Explosive atmospheres — Part 42: Electrical safety devices for the control of potential ignition sources for Ex-Equipment)

[35] IEC/TS 60079-43:2017 — Взрывоопасные среды. Часть 43. Оборудование, используемое в неблагоприятных условиях эксплуатации (Explosive atmospheres — Part 43: Equipment in adverse service conditions)

[36] IEC/TS 60079-46:2017 — Взрывоопасные среды. Часть 46. Узлы оборудования (Explosive atmospheres — Part 46: Equipment assemblies)

[37] IEC/TS 60079-47:2021 — Взрывоопасные среды. Часть 47. Защита оборудования с помощью концепции 2-WISE (Explosive atmospheres — Part 47: Equipment protection by 2-wire intrinsically safe ethernet concept (2-WISE))

[38] ИСО 13850:2015 — Безопасность машин. Аварийный останов. Принципы проектирования (Safety of machinery — Emergency stop function — Principles for design)

[39] ИСО 4414:2010 — Пневмоприводы. Общие правила и требования безопасности для систем и их компонентов (Pneumatic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components)

[40] ИСО 4413:2010 — Гидроприводы. Общие правила и требования безопасности для систем и их компонентов (Hydraulic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components)

[41] ИСО 23553-1:2022 — Предохранители и регуляторы для нефтяных форсунок и приборов, работающих на нефти. Частные требования. Часть 1. Автоматические и полуавтоматические клапаны (Safety and control devices for oil burners and oil-burning appliances — Particular requirements — Part 1: Automatic and semi-automatic valves)

[42] ИСО 5388:1981 — Компрессоры воздушные стационарные. Правила техники безопасности и руководство по практическому применению (Stationary air compressors; Safety rules and code of practice)

[43] ИСО 10439-1:2015 — Промышленность нефтяная, химическая и газовая. Осевые и центробежные компрессоры и детандер-компрессоры. Часть 1. Общие требования (Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Axial and centrifugal compressors and expander-compressors — Part 1: General requirements)

[44] *ИСО 10439-2:2015* — *Промышленность нефтяная, химическая и газовая. Осевые и центробежные компрессоры и детандер-компрессоры. Часть 2. Неинтегрированные редукторные центробежные и осевые компрессоры (Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Axial and centrifugal compressors and expander-compressors — Part 2: Non-integrally geared centrifugal and axial compressors)*

[45] *ИСО 10439-3:2015* — *Промышленность нефтяная, химическая и газовая. Осевые и центробежные компрессоры и детандер-компрессоры. Часть 3. Интегрированные редукторные центробежные и осевые компрессоры (Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Axial and centrifugal compressors and expander-compressors — Part 3: Integrally geared centrifugal compressors)*

[46] *ИСО 10439-4:2015* — *Промышленность нефтяная, химическая и газовая. Осевые и центробежные компрессоры и детандер-компрессоры. Часть 4. Детандер-компрессоры (Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Axial and centrifugal compressors and expander-compressors — Part 4: Expander-compressors)*

[47] *ИСО 10442:2002* — *Промышленность нефтяная, химическая и газовая. Центробежные воздушные блочные компрессоры с встроенным редуктором (Petroleum, chemical and gas service industries — Packaged, integrally geared centrifugal air compressors)*

[48] *ИСО 10440-1:2007* — *Промышленность нефтяная и газовая. Объемные компрессоры ротационного типа. Часть 1. Производственные компрессоры (Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Rotary-type positive- displacement compressors — Part 1: Process compressors)*

[49] *ИСО 10440-2:2001* — *Промышленность нефтяная и газовая. Объемные компрессоры ротационного типа. Часть 2. Воздушные компрессоры в сборе (бессмазочные) (Petroleum and natural gas industries — Rotary-type positive-displacement compressors — Part 2: Packaged air compressors (oil-free))*

[50] *ИСО 14847:1999* — *Насосы роторные объемные. Технические требования (Rotary positive displacement pumps — Technical requirements)*

[51] *ИСО 3864-2:2016* — *Символы графические. Сигнальные цвета и знаки безопасности. Часть 2. Принципы проектирования этикеток безопасности на изделиях (Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 2: Design principles for product safety labels)*

[52] МЭК 60417 — *Обозначения графические для аппаратуры. Указатель, обзор и набор отдельных листов (Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets)*

[53] ИСО 7000:2019 — *Графические символы, наносимые на оборудование. Зарегистрированные символы (Graphical symbols for use on equipment — Registered symbols)*

УДК 54.08:006.354 ОКС 27.075

Ключевые слова: топливные элементы, энергоустановки на основе топливных элементов, стационарные энергоустановки, технологии стационарных энергоустановок на основе топливных элементов, газовый анализ, методы анализа водородного топлива, применение топливных элементов с протонообменной мембраной для стационарных энергоустановок, безопасность стационарных энергоустановок

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.В. Смирнова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 24.03.2023. Подписано в печать 10.04.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 8,84. Уч.-изд. л. 7,96.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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

gost.e-ecolog.ru