ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 62282-3-100— 2014

ТЕХНОЛОГИИ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Часть 3-100

Стационарные энергоустановки на топливных элементах. Безопасность

IEC 62282-3-100:2012
Fuel cell technologies —
Part 3-100: Stationary fuel cell power systems. Safety
(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Некоммерческим партнерством «Национальная ассоциация водородной энергетики» (НП «НАВЭ») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного 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 16 сентября 2014 г. № 1103-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 62282-3-100:2012 «Технологии топливных элементов. Часть 3-100. Стационарные энергроустановки на топливных элементах. Безопасность» (IEC 62282-3-100:2012 «Fuel cell technologies — Part 3-100: Stationary fuel cell power systems — Safety»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты Российской Федерации и межгосударственные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). 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

© Стандартинформ, 2015

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 5
4 Требования безопасности и меры защиты 8
4.1 Общая стратегия обеспечения безопасности 8
4.2 Физическая среда и условия эксплуатации 8
4.3 Выбор материалов 9
4.4 Общие требования 10
4.5 Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением 12
4.6 Защита от опасности возникновения пожара или взрыва 14
4.7 Электробезопасность 19
4.8 Электромагнитная совместимость (ЭМС) 19
4.9 Системы управления и компоненты защиты 19
4.10 Оборудование с пневмо- и гидроприводами 22
4.11 Клапаны 23
4.12 Вращающееся оборудование 23
4.13 Кожух 24
4.14 Теплоизоляционные материалы 25
4.15 Энергоисточники 25
4.16 Монтаж и техническое обслуживание 27
5 Типовые испытания 27
5.1 Общие требования 27
5.2 Топливо для проведения испытаний 29
5.3 Основные условия проведения испытаний 30
5.4 Испытания на герметичность 30
5.5 Испытания на прочность 33
5.6 Типовые испытания нормальной работы 35
5.7 Испытания на электрическую перегрузку 35
5.8 Параметры останова 35
5.9 Проверки рабочих характеристик горелки 35
5.10 Автоматическое управление горелками и реакторами каталитического окисления 36
5.11 Проверка температуры выхлопных газов 39
5.12 Температуры поверхностей и компонентов 39
5.13 Испытания на воздействие ветра 40
5.14 Испытание на устойчивость к воздействию дождя 44
5.15 Выбросы 45
5.16 Испытания с блокированием отвода конденсата 46
5.17 Проверка отвода конденсата 46
5.18 Испытания на электробезопасность 46
5.19 Испытания на ЭМС 46
5.20 Испытания на герметичность выпускной системы 47
5.21 Испытания на герметичность (повторные) 47
6 Контрольные испытания 47

7 Маркировка и упаковка 48
7.1 Общие требования 48
7.2 Маркировка энергоустановки на топливных элементах 48
7.3 Маркировка компонентов 49
7.4 Техническая документация 49
Приложение А (справочное) Значительные риски, опасные ситуации и события, рассмотренные в стандарте 55
Приложение В (рекомендуемое) Науглероживание и совместимость материала для работы с водородом 57
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам 62
Библиография 65

Ведение

Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 62282-3-100:2012 «Технологии топливных элементов. Часть 3–100. Стационарные энергоустановки на топливных элементах. Безопасность» (IEC 62282-3-100:2012 Fuel cell technologies — Part 3-100: Stationary fuel cell power systems — Safety), разработанному Международной электротехнической комиссией (МЭК).

МЭК — это всемирная организация по стандартизации, объединяющая все национальные электротехнические комитеты (национальные комитеты МЭК). Основной задачей МЭК является продвижение международного сотрудничества по вопросам, касающимся стандартизации в областях электротехники и электроники. С этой целью МЭК публикует международные стандарты, технические условия, технические отчеты, общедоступные спецификации и руководства (именуемые в дальнейшем «документы МЭК»). Подготовка этих документов поручена техническим комитетам. Национальный комитет МЭК, заинтересованный в разработке стандарта, может принять участие в подготовительной работе. Международные, правительственные и неправительственные организации, поддерживающие связь с МЭК, могут также принять участие в этой подготовительной работе. МЭК тесно сотрудничает с Международной организацией по стандартизации (ИСО) в соответствии с условиями, установленными в соглашении между двумя организациями. Официальные решения или соглашения МЭК по техническим вопросам выражают, на паритетных условиях, мнение, выработанное совместными усилиями по соответствующим вопросам, поскольку в каждом техническом комитете присутствуют представители ото всех заинтересованных национальных комитетов МЭК.

Публикации МЭК носят характер рекомендаций для международного использования и принимаются национальными комитетами МЭК с учетом этого факта. Хотя делается все возможное для того, чтобы обеспечить точность технического содержания данных публикаций, МЭК не может нести ответственность за способ использования этих публикаций или за их неправильное толкование конечным пользователем. Для обеспечения единообразия международных документов национальные комитеты МЭК предпринимают все возможные усилия для прозрачного использования документов МЭК в национальных и региональных публикациях. Любое расхождение между какой-либо публикацией МЭК и соответствующей национальной или региональной публикацией должно быть четко указано.

МЭК не проводит аттестацию на соответствие. Независимые сертификационные организации предоставляют услуги по оценке соответствия и, в некоторых областях, доступ к получению знака МЭК о соответствии. МЭК не несет ответственность за услуги, предоставляемые независимыми сертификационными организациями. Все пользователи должны убедиться в том, что у них в распоряжении находится последняя версия данной публикации.

МЭК или ее руководящий состав, сотрудники, обслуживающий персонал или агенты, включая независимых экспертов и членов технических комитетов и национальных комитетов МЭК не несут ответственности за вред здоровью, ущерб имуществу или другой ущерб любого характера, прямой или косвенный, или за расходы (включая сборы за юридические услуги), понесенные в связи с опубликованием, использованием или принятием за основу данной публикации или других публикаций МЭК. Использование публикаций, на которые имеются ссылки, является обязательным для корректного применения настоящего стандарта.

Некоторые элементы данной публикации МЭК могут стать объектами патентного права. МЭК не несет ответственность за определение определенного или всех патентных прав.

Настоящий стандарт подготовлен техническим комитетом МЭК № 105 по технологиям топливных элементов, отменяет и заменяет МЭК 62282-3-1, опубликованный в 2007 г.

Настоящий стандарт содержит следующие значительные технические изменения по сравнению с МЭК 62282-3-1:

a) общая реструктуризация требований по безопасности;

b) значительные изменения, касающиеся требований по электробезопасности для внутренних компонентов;

c) пояснения по различным требованиям и испытаниям, в частности испытания на понижение давления и прочность;

d) расширенные испытания на воздействие ветра;

e) дополнительные испытания на отведение конденсата и герметичность системы вентиляции.

Перечень всех частей серии документов МЭК 62282 под общим заголовком «Технологии топливных элементов» можно найти на сайте МЭК.

Технический комитет ТК 105 принял решение о том, что содержание публикации будет оставаться неизменным до наступления даты, указанной на веб-сайте МЭК (gost.e-ecolog.ru) в разделе данных, относящихся к этой конкретной публикации. При наступлении этой даты публикация будет:

- подтверждена,
- отозвана,
- заменена на исправленную версию или дополнена.

Разработка настоящего стандарта, идентичного МЭК 62282-3-100:2012, осуществлялась Техническим комитетом по стандартизации ТК 029 «Водородные технологии» в обеспечение Технического регламента Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС 010/2011). Настоящий стандарт применяется в отношении стационарных установок, содержащих энергетические системы на топливных элементах, в которых в результате электрохимических реакций вырабатывают электричество.

Типовая стационарная энергоустановка на топливных элементах изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 — Типовая стационарная энергоустановка на топливных элементах

Типовая конструкция энергоустановки представляет собой совокупность интегрированных систем, предназначенных для выполнения следующих функций:

- система подготовки топлива (Fuel processing system) — совокупность химического и/или физического технологического оборудования, а также система соответствующих теплообменников и устройств управления, необходимых для подготовки и, если необходимо, повышения давления топлива для использования в энергоустановке на топливных элементах;
- система подготовки окислителя (Oxidant processing system) — система, которая дозирует, обрабатывает, а также при необходимости обеспечивает повышение давления окислителя для использования в энергоустановке на топливных элементах;
- система терморегулирования (Thermal management system) — система, которая обеспечивает подогрев, а также охлаждение и отвод тепла для поддержания энергоустановки на топливных элементах в диапазоне рабочих температур. Она может обеспечивать рекуперацию избытка тепла, а также нагрев во время пуска дополнительного оборудования;
- система водоподготовки (Water treatment system) — система, которая обеспечивает необходимую очистку находящейся внутри технологического цикла или добавленной воды для использования в энергоустановке на топливных элементах;
- система преобразования электроэнергии (Power conditioning system) — оборудование, используемое для адаптации производимой батареей(ями) топливных элементов электроэнергии к техническим условиям, заданным изготовителем;

- система автоматического управления (Automatic control system) — система(ы), включающая(ие) в себя датчики, приводы, клапаны, переключатели и логические элементы, которые поддерживают параметры энергоустановки на топливных элементах в пределах, указанных изготовителем, включая переход к безопасным состояниям, без вмешательства оператора;

- система вентиляции (Ventilation system) — система, которая обеспечивает подачу воздуха в кожух энергоустановки на топливных элементах с использованием естественных средств либо принудительно;

- модули топливных элементов (Fuel cell modules) — конструкция, состоящая из одной батареи топливных элементов или более, которая электрохимическим способом преобразует химическую энергию в электрическую и тепловую энергию, предназначенная для интегрирования в систему генерации энергии;

- блок топливных элементов (Fuel cell stack) — конструкция, состоящая из топливных элементов, сепараторов, охлаждающих пластин, коллекторов и несущей конструкции, которая осуществляет электрохимическое преобразование реагентов, как правило, водородосодержащего газа и воздуха, в энергию постоянного тока, тепло и другие побочные продукты;

- встроенный накопитель энергии (Onboard energy storage) — система внутренних устройств хранения энергии, 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 топливных элементах. Безопасность

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

Дата введения — 2015—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на стационарные, конструктивно законченные, смонтированные в общем корпусе энергоустановки на топливных элементах или энергоустановки на топливных элементах, состоящие из блоков заводской сборки, содержащих интегрированные системы, которые генерируют электроэнергию посредством электрохимических реакций.

Стандарт распространяется на энергоустановки, предназначенные:

- для подключения к сети электроснабжения напрямую либо при помощи переключателя ввода резерва или к автономной системе распределения энергии;
- снабжения энергией переменного или постоянного тока;
- рекуперации полезного тепла или без рекуперации;
- работы на следующих видах топлива, подаваемых на вход:

a) природный газ и другие газы с высоким содержанием метана, полученные из возобновляемых источников энергии (биомассы) или ископаемого топлива, такие как газ из органических отходов, газ ферментативного разложения, шахтный газ,

b) топливо, получаемое при переработке нефти, например дизельное топливо, бензин, керосин, сжиженные нефтяные газы, такие как пропан и бутан,

c) спирты, сложные эфиры, альдегиды, кетоны, жидкости Фишера-Тропша и другие органические соединения с высоким содержанием водорода, получаемые из возобновляемого топлива (биомассы) или ископаемого топлива,

d) водород, газообразные смеси, содержащие водород, например синтез-газ, коммунальный газ.

Настоящий стандарт не распространяется на следующие энергоустановки:

- микроэнергоустановки на топливных элементах;
- переносные энергоустановки на топливных элементах;
- силовые энергоустановки на топливных элементах.

Примечание — Для специальных областей применения, таких как «вспомогательные судовые источники энергии», в стандарте могут быть установлены дополнительные требования со сводом предписаний для морских судов.

Настоящий стандарт распространяется на стационарные энергоустановки на топливных элементах, предназначенные для коммерческого, промышленного и бытового использования внутри и снаружи помещений, расположенных в пожаро- и взрывобезопасных зонах.

В настоящем стандарте рассматриваются все значительные факторы опасности, опасные ситуации и события, связанные с энергоустановками на топливных элементах в случае их использования по назначению в условиях, предусмотренных производителем, за исключением факторов, связанных с совместимостью установки с окружающей средой (условиями размещения). В настоящем стандарте

Издание официальное

определены условия, которые могут, с одной стороны, привести к возникновению опасности для жизни и здоровья людей, а, с другой — к повреждению внешнего окружения энергоустановки на топливных элементах. Защита от повреждений внутренних устройств энергоустановки на топливных элементах не рассматривается в настоящем стандарте при условии, если эти повреждения не приведут к возникновению опасности для внешнего окружения энергоустановки на топливных элементах.

Требования настоящего стандарта не означают сдерживание инноваций. При рассмотрении видов топлива, материалов, схемных решений и конструкций, которые не упомянуты в настоящем стандарте, эти альтернативные решения должны оцениваться с точки зрения их способности обеспечить уровень безопасности и рабочие параметры, равноценные тем, которые предписаны настоящим стандартом.

2 Нормативные ссылки

Представленные ниже нормативные документы являются обязательными для применения настоящего стандарта. Для датированных ссылок используется только цитированное издание. Для недатированных ссылок применимо последнее издание отсылочного документа (включая изменения и поправки).

МЭК 60079-0 Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования (IEC 60079-0, Explosive atmospheres — Part 0: Equipment — General requirements)

МЭК 60079-2 Взрывоопасные среды. Часть 2. Защита оборудования оболочкой под избыточным давлением «p» (IEC 60079-2, Explosive atmospheres — Part 2: Equipment protection by pressurized enclosure «p»)

МЭК 60079-10 (все части) Взрывоопасные среды. Часть 10. Классификация зон (IEC 60079-10, Explosive atmospheres — Part 10: Classifications of areas)

МЭК 60079-29-1 Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Требования к рабочим характеристикам газоанализаторов горючих газов (IEC 60079-29-1/Ed2, Explosive atmospheres — Part 29-1: Gas detectors — Performance requirements of detectors for flammable gases)

МЭК 60079-30-1 Взрывоопасные среды. Часть 30-1. Резистивный распределенный электронагреватель. Общие технические требования и методы испытаний (IEC 60079-30-1, Explosive atmospheres — Part 30-1: Electrical resistance trace heating — General and testing requirements)

МЭК 60204-1 Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования (IEC 60204-1, Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements)

МЭК 60335-1:2010 Приборы электрические бытового и аналогичного назначения. Безопасность. Часть 1. Общие требования (IEC 60335-1:2010, Household and similar electrical appliances — Safety — Part 1: General requirements)

МЭК 60335-2-51 Приборы электрические бытового и аналогичного назначения. Безопасность. Часть 2-51. Частные требования к стационарным циркуляционным насосам для нагревательных установок и установок водоснабжения (IEC 60335-2-51, Household and similar electrical appliances — Safety — Part 2-51: Particular requirements for stationary circulation pumps for heating and service water installations)

МЭК 60417 Графические символы для применения на оборудовании (IEC 60417, Graphical symbols for use on equipment). Информация размещена на сайте: gost.e-ecolog.ru

МЭК 60529:1989 Степени защиты, обеспечиваемые корпусами (Код IP) [IEC 60529:1989, Degrees of protection provided by enclosures (IP code)]

МЭК 60730-1 Устройства управления автоматические электрические бытового и аналогичного назначения. Часть 1. Общие требования (IEC 60730-1, Automatic electrical controls for household and similar use — Part 1: General requirements)

МЭК 60730-2-5 Устройства управления автоматические электрические бытового и аналогичного назначения. Часть 2-5. Частные требования к автоматическим электрическим системам управления горелками (IEC 60730-2-5, Automatic electrical controls for household and similar use — Part 2-5: Particular requirements for automatic electrical burner control systems)

МЭК 60730-2-6 Устройства управления автоматические электрические бытового и аналогичного назначения. Часть 2-6. Частные требования к автоматическим электрическим устройствам управления, датчикам давления, включая требования к механическим характеристикам (IEC 60730-2-6, Automatic electrical controls for household and similar use — Part 2-6: Particular requirements for automatic electrical pressure sensing controls including mechanical requirements)

МЭК 60730-2-9 Устройства управления автоматические электрические бытового и аналогичного назначения. Часть 2-9. Частные требования к терморегуляторам (IEC 60730-2-9, Automatic electrical controls for household and similar use — Part 2-9: Particular requirements for temperature sensing controls)

МЭК 60950-1:2005 Оборудование информационных технологий. Безопасность. Часть 1. Общие требования (IEC 60950-1:2005, Information technology equipment — Safety — Part 1: General requirements)

МЭК 61000-3-2 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-2. Нормы. Нормы эмиссии гармонических составляющих тока (потребляемый ток оборудования ≤ 16 А в одной фазе) [IEC 61000-3-2, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-2: Limits — Limits for harmonic current emissions (equipment input current <= 16 A per phase)]

МЭК 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 потребляемым током не более 16 А в одной фазе, не подлежащего условному соединению (IEC 61000-3-3, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-3: Limits — Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current <= 16 A per phase and not subject to conditional connection)

МЭК 61000-3-4 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-4. Нормы. Ограничение эмиссии гармонических составляющих тока оборудованием с потребляемым током более 16 А в низковольтных системах электроснабжения (IEC 61000-3-4, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-4: Limits — Limitation of emission of harmonic currents in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A)

МЭК 61000-3-5 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-5. Нормы. Ограничение пульсаций напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения для оборудования с потребляемым током более 75 А (IEC 61000-3-5, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-5: Limits — Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 75 A)

МЭК 61000-3-11 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 3-11. Нормы. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в общественных низковольтных системах электроснабжения. Оборудование с потребляемым током, не более 75 А, подключаемое при определенных условиях (IEC 61000-3-11, Electromagnetic compatibility (EMC). Part 3-11: Limits. Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems. Equipment with rated current < or = 75 A and subject to conditional connection)

МЭК 61000-6-1 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-1. Общие стандарты. Помехоустойчивость для жилых, коммерческих и легких промышленных обстановок (IEC 61000-6-1, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-1: Generic standards — Immunity for residential, commercial and light-industrial environments)

МЭК 61000-6-2 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-2. Общие стандарты. Помехоустойчивость для промышленных обстановок (IEC 61000-6-2, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments)

МЭК 61000-6-3 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-3. Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для жилых, коммерческих и легких промышленных обстановок (IEC 61000-6-3, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-3:Generic standards — Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments)

МЭК 61000-6-4 Электромагнитная совместимость (ЭМС). Часть 6-4. Общие стандарты. Стандарт электромагнитной эмиссии для промышленных обстановок (IEC 61000-6-4, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments)

МЭК 61508 (все части) Системы (электрические, программируемые электронные), связанные с функциональной безопасностью (IEC 61508, Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems)

МЭК 62040-1 Источники бесперебойного питания (ИБП). Часть 1. Общие требования и требования безопасности для ИБП (IEC 62040-1, Uninterruptible power systems (UPS) — Part 1: General and safety requirements for UPS)

МЭК 62061 Безопасность машин и механизмов. Функциональная безопасность электрических, электронных, программируемых электронных систем управления, связанных с безопасностью (IEC 62061, Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems)

МЭК/ТУ 62282-1 Технологии топливных элементов. Часть 1. Терминология (IEC/TS 62282-1, Fuel cell technologies — Part 1: Terminology)

МЭК 62282-3-200 Технологии топливных элементов. Часть 3-200. Стационарные энергоустановки на топливных элементах. Методы испытаний для определения рабочих характеристик (IEC 62282-3-200, Fuel cell technologies — Part 3-200: Stationary fuel cell power systems — Performance test methods)

ИСО 3864-2 Символы графические. Цвета и знаки безопасности. Часть 2. Принципы проектирования для этикеток безопасности на изделиях (ISO 3864-2, Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 2: Design principles for product safety labels)

ИСО 4413 Приводы гидравлические. Общие правила и требования безопасности для систем и их компонентов (ISO 4413, Hydraulic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components)

ИСО 4414 Приводы пневматические. Общие правила и требования безопасности для систем и их компонентов (ISO 4414, Pneumatic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components)

ИСО 5388 Компрессоры воздушные стационарные. Правила безопасности и руководство по практическому применению (ISO 5388, Stationary air compressors; Safety rules and code of practice)

ИСО 7000 Графические символы, наносимые на оборудование. Перечень и краткий обзор (ISO 7000, Graphical symbols for use on equipment — Registered symbols) Информация размещена на сайте: gost.e-ecolog.ru

ИСО 10439 Промышленность нефтяная, химическая и газовая. Компрессоры центробежные (ISO 10439, Petroleum, chemical and gas service industries. Centrifugal compressors)

ИСО 10440-1 Промышленность нефтяная и газовая. Объемные компрессоры ротационного типа. Часть 1. Производственные компрессоры (ISO 10440-1, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Rotary-type Positive-displacement compressors — Part 1: Process compressors)

ИСО 10440-2 Промышленность нефтегазовая. Объемные компрессоры ротационного типа. Часть 2. Компрессоры воздушные блочные (безмасляные) [ISO 10440-2, Petroleum and natural gas industries. Rotary-type ositive-displacement compressors. Part 2. Packaged air compressors (oil-free)]

ИСО 10442 Промышленность нефтяная, химическая и газовая. Центробежные воздушные блочные компрессоры с встроенным редуктором (ISO 10442, Petroleum, chemical and gas service industries. Packaged, integrally geared centrifugal air compressors)

ИСО 12499 Вентиляторы промышленные. Механическая безопасность вентиляторов. Защитные устройства (ISO 12499, Industrial fans — Mechanical safety of fans — Guarding)

ИСО 13631 Промышленность нефтяная и газовая. Агрегатированные поршневые газовые компрессоры (ISO 13631, Petroleum and natural gas industries — Packaged reciprocating gas compressors)

ИСО 13707 Промышленность нефтяная и газовая. Поршневые компрессоры (ISO 13707, Petroleum and natural gas industries. Reciprocating compressors)

ИСО 13709 Насосы центробежные для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности (ISO 13709, Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries)

ИСО 13849-1 Безопасность оборудования. Элементы систем управления, связанные с безопасностью. Часть 1. Общие принципы проектирования (ISO 13849-1, Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design)

ИСО 13850 Безопасность оборудования. Аварийный останов. Принципы конструирования (ISO 13850, Safety of machinery — Emergency stop — Principles for design)

ИСО 14847 Насосы роторные объемные. Технические требования (ISO 14847, Rotary positive displacement pumps — Technical requirements)

ИСО 15649 Промышленность нефтяная и газовая. Система трубопроводов (ISO 15649, Petroleum and natural gas industries. Piping)

ИСО 16111 Транспортируемые емкости для хранения газа. Водород, абсорбируемый с образованием обратимого гидрида металла (ISO 16111, Transportable gas storage devices — Hydrogen absorbed in reversible metal hydride)

ИСО 23550 Устройства защиты и управления газовых горелок и газоиспользующего оборудования. Общие требования (ISO 23550, Safety and control devices for gas burners and gas-burning appliances — General requirements)

ИСО 23551-1 Устройства защиты и управления газовых горелок и газоиспользующего оборудования. Частные требования. Часть 1. Автоматические клапаны (ISO 23551-1, Safety and control devices for gas burners and gas-burning appliances — Particular requirements — Part 1: Automatic and semi-automatic valves)

ИСО 23553-1 Устройства защиты и управления нефтяных горелок и оборудования, работающего на нефти. Частные требования. Часть 1. Отсечные устройства для нефтяных горелок (ISO 23553-1, Safety and control devices for oil burners and oil-burning appliances — Particular requirements — Part 1: Shut-off devices for oil burners)

ИСО 26142 Аппаратура для обнаружения водорода. Стационарное применение (ISO 26142, Hydrogen detection apparatus — Stationary applications)

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **доступная** (accessible): Зона, к которой при нормальных условиях работы, применимо одно из следующих положений:

a) доступ может быть получен без использования какого-либо инструмента;

b) предусмотрены специальные средства доступа для предоставления конечному пользователю;

c) конечный пользователь получает указание войти в данную зону независимо от того, необходимо использование какого-либо инструмента для получения доступа или нет.

Примечания

1 Термины «доступ» и «доступный», если не указано иным образом, относятся к зоне доступа конечного пользователя, как определено выше.

2 Только обслуживающий персонал допускается в недоступные зоны. Для обслуживающего персонала, имеющего допуск в недоступные зоны, могут потребоваться соответствующие индивидуальные средства защиты, как указано в руководстве по эксплуатации.

3.2 **каталитический реактор анодных газов** (anode exhaust catalytic reactor): Каталитический реактор, который окисляет водородосодержащий газ, используемый в водородных энергоустановках на топливных элементах.

3.3 **автоматическая система управления горелкой** (automatic burner control system): Система, которая контролирует работу топливных горелок. Эта система содержит программный блок, датчик пламени/окисления и может включать в свой состав источник воспламенения и/или запальное устройство.

3.4 **отверстие горелки** (burner port): Любое отверстие в головке горелки, через которое подается газ или газовоздушная смесь для воспламенения.

3.5 **горючие материалы** (combustible materials): Материалы, способные гореть.

Примечания

1 Материалы должны считаться горючими, даже если они прошли обработку для повышения огнестойкости с нанесением огнеупорного вещества или штукатурки;

2 Что касается материалов, примыкающих или контактирующих с теплопроизводящим оборудованием, выпускными соединителями, выхлопными трубами, трубопроводами пара и горячей воды, а также воздуховодами теплого воздуха, горючими считаются материалы, изготовленные или имеющие облицовку из дерева, прессованной бумаги, растительных волокон и других материалов, которые могут воспламеняться и гореть;

3.6 **расчетное давление** (design pressure): Наивысшее давление, которое может возникать в любом из рабочих режимов, включая установившиеся и переходные режимы.

3.7 **сбрасываемые газы** (effluent): Продукты сгорания плюс избыточный воздух, которые выводятся из газоиспользующего оборудования.

3.8 **электромагнитное возмущение;** EMD (electromagnetic disturbance): Любое электромагнитное явление, которое может ухудшить рабочие характеристики устройства, оборудования или системы, либо неблагоприятно влияет на живую материю или инертные материалы.

3.9 **электромагнитные помехи;** EMI (electromagnetic interference): Ухудшение рабочих характеристик оборудования, канала передачи или системы, вызванное электромагнитным возмущением.

3.10 **электрооборудование** (electrical equipment): Общий термин, включающий материалы, электроарматуру, электрические устройства, аппаратуру и т. п., которые используют как часть электрической установки или подключают к такой электроустановке.

3.11 **аварийная остановка, аварийный останов** (emergency shutdown, safety shutdown): Действия системы управления, основанные на технологических параметрах, предпринимаемые для немедленного включения функции останова энергоустановки на топливных элементах и прекращения

всех ее реакций, с целью недопущения повреждения оборудования и/или возникновения опасности для персонала.

3.12 **топливный элемент** (fuel cell): Электрохимическое устройство, которое преобразует химическую энергию топлива и окислителя в электрическую энергию (энергию постоянного тока), тепло и другие продукты реакции.

3.13 **энергоустановка на топливных элементах** (fuel cell power system): Генерирующая система, которая использует модуль(и) топливных элементов для производства электроэнергии и тепла.

3.14 **топливный отсек** (fuel compartment): Полость кожуха с внутренними источниками выделения горючего газа/пара.

3.15 **выпускной канал дымовых газов** (flue gas vent): Канал для транспортирования дымового газа от газоиспользующего оборудования или выпускных соединителей этого оборудования во внешнюю атмосферу (см. также 3.33).

3.16 **теплообменник** (heat exchanger): Аппарат, в котором тепло передается от одной среды к другой.

3.17 **воспламенитель** (igniter): Устройство, которое использует электрическую энергию для воспламенения газа в запальной горелке либо основной горелке.

3.18 **запальное устройство** (ignition device): Устройство, смонтированное на горелке или рядом с горелкой для воспламенения топлива.

Пример — Запальные горелки, искровые электроды и воспламенители с раскаленной поверхностью.

3.19 **отсчеты времени системы воспламенения** (ignition system timings)

3.19.1 **период установления пламени** (flame-establishing period): Период времени между сигналом о включении средств подачи топлива и сигналом, подтверждающим наличие пламени горелки.

Примечание — Данный термин допускается применять для подтверждения наличия пламени источника воспламенения или основной горелки, или обоих.

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

3.19.3 **время блокировки при запуске** (start-up lockout time): Период времени между инициированием газового потока и действием по отключению газового потока в том случае, если не удается установить наличие пламени контролируемого источника воспламенения или контролируемого пламени основной горелки. Для повторного запуска последовательности действий по воспламенению требуется выполнение ручных операций.

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

3.19.4.1 **время предварительной продувки** (pre-purge time): Время продувки, проводимой в начале рабочего цикла горелки до инициирования воспламенения.

3.19.4.2 **время завершающей продувки** (post-purge time): Время продувки, проводимой в конце рабочего цикла горелки.

3.19.5 **время повторного цикла** (recycle time): Период времени между сигналом о прекращении подачи газа, который поступает при потере контролируемого источника воспламенения или контролируемого пламени основной горелки, и сигналом о начале новой процедуры пуска.

3.20 **блокировка** (interlock): Проверка для подтверждения соответствия физического состояния требуемому условию и передачи результата данной проверки устройству управления защитой, которое выполняет функцию аварийного останова.

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, образующих единый блок для завершающей передачи газа или смеси газа и воздуха в зону сгорания, в которой происходит сгорание для выполнения функции, для которой предназначено данное оборудование.

3.23 **коллектор** (manifold): Трубопровод(ы), который(е) осуществляет(ют) подачу или сбор текучей среды от топливного элемента или батареи топливных элементов.

3.24 **разрешающее условие** (permissive): Условие в последовательности логических операций, которое должно быть удовлетворено прежде, чем последовательность сможет перейти к выполнению следующей фазы.

3.25 **запальная горелка** (pilot): Небольшое газовое пламя, используемое для воспламенения газа в основной горелке.

3.25.1 **запальная горелка непрерывного действия** (continuous pilot): Запальная горелка, которая не гасится в течение всего времени работы горелки, независимо от того, горит основная горелка или нет.

3.25.2 **запальная горелка периодического действия** (intermittent pilot): Запальная горелка, которая автоматически загорается, когда появляется сигнал об инициализации, и горит в течение всего периода, когда горит основная горелка.

3.25.3 **запальная горелка кратковременного действия** (interrupted pilot): Запальная горелка, которая автоматически загорается, когда появляется сигнал об инициализации. Подача топлива в запальник прекращается автоматически в конце периода установления пламени основной горелки.

3.25.4 **подтверждаемая запальная горелка** (proved pilot): Пламя запальной горелки, контролируемое при помощи основного устройства защиты.

3.26 **продувка** (purge): Защитное действие для удаления газов и/или жидкостей, таких как топливо, водород, воздух или вода из энергоустановки на топливных элементах.

3.27 **риформер** (reformer): Реактор для получения газовой смеси с высоким содержанием водорода из исходного топлива.

3.28 **относительная плотность** (specific gravity): Отношение веса или массы данного объема вещества к весу или массе равного объема другого вещества (воздуха для газов, воды для жидкостей и твердых веществ), принятого в качестве образца, измеренных в одинаковых условиях.

3.29 **состояние** (state)

3.29.1 **холодное состояние** (cold state): Состояние энергоустановки на топливных элементах при температуре окружающей среды с нулевой мощностью на входе или выходе.

3.29.2 **рабочее состояние** (operational state): Состояние энергоустановки на топливных элементах со значительной активной выходной электрической мощностью.

3.29.3 **пассивное состояние** (passive state): Состояние энергоустановки на топливных элементах, при котором топливная и окислительная системы продуты паром, воздухом или азотом, или с использованием иных веществ, указанных в инструкциях изготовителя.

3.29.4 **состояние ненагруженного резерва** (standby state): Состояние энергоустановки на топливных элементах, имеющей достаточную рабочую температуру и находящейся в таком режиме работы с нулевой выходной электрической мощностью, который позволяет перевести энергоустановку на топливных элементах в рабочее состояние с существенной выходной электрической мощностью.

3.29.5 **состояние хранения** (storage state): Состояние энергоустановки на топливных элементах, которая находится в нерабочем состоянии и в условиях, указанных производителем, может потребовать подвода тепловой и/или электрической энергии и/или инертной среды для того, чтобы предотвратить ухудшение характеристик компонентов энергоустановки.

3.30 **условия теплового равновесия** (thermal equilibrium conditions): Установившийся тепловой режим, на который указывают изменения температуры, не превышающие 3 К (5 °F) или 1 % от абсолютной рабочей температуры, в зависимости от того, какое из этих значений выше, для трех показаний с интервалом съема показаний 15 мин.

3.31 **выпускной соединитель** (vent connector): Часть выпускной системы, которая соединяет выход дымовых газов газоиспользующего оборудования с выхлопной трубой или одностенной металлической трубой.

3.32 **выхлопные газы** (vent gases): Продукты сгорания газоиспользующего оборудования плюс избыточный воздух, плюс воздух-разбавитель в выпускной системе.

3.33 **оконечное устройство выхлопной трубы** [vent terminal (vent cap)]: Патрубок на конце выхлопной трубы, который направляет отработанные продукты во внешнюю атмосферу.

3.34 **вентиляция** (ventilation)

3.34.1 **механическая вентиляция** (mechanical ventilation): Движение воздуха и его замещение свежим воздухом при помощи механических средств.

3.34.2 **естественная вентиляция** (natural ventilation): Движение воздуха и его замещение свежим воздухом под действием ветра и/или температурных градиентов.

3.35 **выпускная система** (venting system): Выхлопная труба и выпускной соединитель, если его используют, смонтированные для образования непрерывного открытого канала от выхода патрубка дымовых газов в газоиспользующем оборудовании до выхода во внешнюю атмосферу с целью удаления выхлопных газов.

4 Требования безопасности и меры защиты

4.1 Общая стратегия обеспечения безопасности

Изготовитель должен выполнить анализ риска в письменной форме, для того чтобы гарантировать, что произведены следующие действия:

a) определены все предсказуемые источники опасности, опасные ситуации и события на весь предполагаемый срок службы энергоустановок на топливных элементах (приложение А с перечислением типичных источников опасности);

b) произведена оценка риска для каждой из таких опасных ситуаций с учетом двух факторов: вероятности возникновения и предполагаемой степени серьезности такой опасности;

c) устранено или снижено, насколько это возможно, влияние двух показателей, которые определяют каждый из оцениваемых рисков (вероятность и серьезность), до уровня, не превышающего приемлемый уровень риска, посредством:

1) внутренне присущих свойств безопасности схемного решения конструкции и ее технологии,

2) пассивного управления энерговыделением, не создающим угрозу безопасности окружающей среды (например, разрывные диски, выпускные клапаны, тепловые отсечные устройства), или использованием связанных с безопасностью функций управления,

3) для оставшихся рисков, которые не могут быть снижены при помощи мер в соответствии с 1) и 2), обеспечение специальных этикеток, предупреждающих надписей или специального обучения с учетом того, что предпринимаемые меры должны быть понятны для лиц, находящихся в опасной зоне.

Для обеспечения функциональной безопасности требуемый уровень опасности неисправности, уровень характеристик или класс функции управления должны назначать и рассчитывать в соответствии:

- с МЭК 62061 (соответственно ИСО 13849-1) для областей применения согласно МЭК 60204-1;
- МЭК 60730-1 для областей применения согласно МЭК 60335-1; МЭК 61508 (все части) для других областей применения.

Для анализа видов и последствий отказов (FMEA-анализ) и анализа методом дерева неисправностей в качестве руководства могут использоваться:

- МЭК 60812;
- SAE J1739;
- МЭК 61025.

4.2 Физическая среда и условия эксплуатации

4.2.1 Общие положения

Энергоустановка на топливных элементах и системы защиты должны быть спроектированы и изготовлены так, чтобы могли выполняться назначенные функции, определенные в 4.2.2—4.2.8.

4.2.2 Подвод электроэнергии

Энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована таким образом, чтобы она могла корректно работать в условиях подвода электрической энергии, заданных в соответствующем стандарте по применению электротехнических изделий согласно 4.7, или в условиях, указанных производителем.

4.2.3 Физическая среда

Изготовитель должен определить условия физической среды, для работы в которых предназначена энергоустановка на топливных элементах. Должны быть учтены следующие факторы:

- использование внутри/вне помещения;
- высота над уровнем моря, при которой энергоустановка на топливных элементах должна работать надежно;
- диапазоны температуры и влажности воздуха, в которых энергоустановка на топливных элементах должна работать надежно;
- сейсмическая зона, в которой может размещаться энергоустановка на топливных элементах.

4.2.4 Подача топлива

Энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована так, чтобы она могла корректно работать при составах и характеристиках подачи топлива, на которые спроектирована (например, природный газ, подаваемый по трубопроводу). В руководстве пользователя изготовитель должен указать условия работы компонентов и характеристики подачи топлива.

4.2.5 Подача воды

Изготовитель должен указать качество и характеристики подачи воды, используемой в энергоустановках на топливных элементах.

4.2.6 Вибрация и удары

Следует избегать нежелательного воздействия вибраций и ударов (включая вибрации и удары, создаваемые установкой и сопряженным оборудованием, а также вибрации и удары, создаваемые внешней физической средой) посредством выбора соответствующего оборудования, монтажа оборудования на безопасном расстоянии от энергоустановки на топливных элементах или использования виброизолирующих опор. Сюда не включена проблема воздействия сейсмических ударных нагрузок, которая должна быть решена отдельно, если изготовитель считает решение данной проблемы необходимым для своей продукции (см. 4.2.3).

4.2.7 Погрузка-выгрузка, транспортирование и хранение

Энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована таким образом, чтобы при хранении и транспортировании она могла выдерживать воздействие температур в диапазоне от минус 25 °С до плюс 55 °С и до плюс 70 °С в течение непродолжительных периодов времени, не превышающих 24 ч, или должны быть предприняты соответствующие меры, чтобы при хранении и транспортировании защитить энергоустановку от воздействий температур в указанном выше диапазоне.

Изготовитель может указать альтернативные диапазоны температур. Энергоустановка на топливных элементах или ее каждая составная часть:

- должна обеспечивать возможность выполнения безопасной погрузки-выгрузки и транспортирования и, если необходимо, должна быть оснащена средствами для проведения погрузочно-разгрузочных работ при помощи подъемных кранов или аналогичного оборудования;
- должна быть заключена в кожух или спроектирована так, чтобы обеспечивать безопасное хранение без возникновения повреждений (например, иметь достаточную устойчивость, специальные опоры и т. д.).

Изготовитель должен указать специальные средства для погрузки, транспортирования и хранения в том случае, если они необходимы.

4.2.8 Продувка установки

В энергоустановке на топливных элементах должны быть предусматрены средства продувки для тех случаев, когда в соответствии с указаниями производителя из соображений безопасности необходимо обеспечить безопасное состояние энергоустановки после останова 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 этими веществами.

4.3 Выбор материалов

4.3.1 Все материалы должны подходить для предполагаемого назначения.

4.3.2 Если известно, что материалы, используемые при изготовлении энергоустановки на топливных элементах, могут при определенных обстоятельствах представлять опасность, изготовитель должен принять соответствующие меры и предоставить необходимую информацию, чтобы свести к минимуму риск для безопасности или здоровья людей.

4.3.3 При изготовлении энергоустановки на топливных элементах не должны использовать асбест или асбестосодержащие материалы. Вопрос об использовании других опасных веществ, таких как свинец, кадмий, ртуть, шестивалентный хром, полибромдифенил, полибромированный дифениловый эфир и полихлордифенил, должен решаться в соответствии с национальными и региональными нормами и правилами.

Металлические и неметаллические материалы, используемые при изготовлении внутренних или внешних деталей энергоустановки на топливных элементах, в частности те, которые подвергаются прямому или непрямому воздействию влаги или содержат технологические газы или жидкости, а также детали и материалы, используемые для герметизации или соединения внутренних или внешних деталей установки, например сварочные материалы, должны соответствовать всем физическим, химическим и тепловым условиям, которые с достаточной степенью вероятности могут возникать в течение запланированного срока службы оборудования, и всем условиям проведения испытаний, в частности:

- материалы и детали должны сохранять стойкость к механическим нагрузкам (усталостные свойства, предел выносливости, предел ползучести) во всех условиях эксплуатации и срока службы, указанного производителем;

- материалы и детали должны быть достаточно устойчивы к химическому и физическому воздействию жидкостей и газов, содержащихся в них, и к ухудшению качества окружающей среды;

- химические и физические свойства, обеспечивающие безопасность в эксплуатации, не должны значительно изменяться в течение запланированного срока службы оборудования, если не предусмотрена замена этих материалов и деталей;

- при выборе материалов и технологий изготовления, внимание должны уделять коррозионной стойкости и износостойкости материала, его удельной электропроводности, ударной вязкости, сопротивлению старению, воздействию колебаний температуры, последствиям, возникающим при контакте материалов (например, электрохимическая коррозия), воздействию ультрафиолетового излучения и отрицательному влиянию водорода на механические характеристики материала.

Примечание — Сведения по оценке отрицательного влияния водорода на механические характеристики материала содержатся в ИСО/ТО 15916, ASME B31.12 и приложении В.

4.3.4 В том случае, если возникнут условия для эрозии, абразивного износа, коррозии и других химических воздействий, должны быть приняты соответствующие меры для того, чтобы:

- свести к минимуму такое воздействие за счет использования соответствующего конструктивного решения, например увеличения толщины, или применения дополнительной защиты, например прокладок, облицовочных материалов или защитных покрытий, с учетом планируемого и прогнозируемого применения;

- обеспечить возможность замены деталей, наиболее подверженных воздействиям;

- обратить внимание в инструкциях, указанных в 7.4.5, на вид и периодичность проведения осмотров и мероприятий по техническому обслуживанию, необходимых для длительного безопасного использования; в тех случаях, когда это необходимо, должны указать детали, подверженные износу, и критерии для 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 топливных элементах или детали энергоустановки, к которым персонал может получить доступ, должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы люди не могли поскользнуться на таких деталях энергоустановки или упасть.

4.4.3 Энергоустановка на топливных элементах, компоненты и арматура энергоустановки должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы при использовании в предсказуемых рабочих условиях (при необходимости должны быть учтены климатические условия) они были достаточно устойчивы без риска опрокидывания, падения или неожиданного перемещения. В противном случае, должны быть предусмотрены и указаны в инструкциях соответствующие средства для закрепления установки, компонентов и арматуры.

4.4.4 Движущиеся части энергоустановки на топливных элементах должны быть спроектированы, изготовлены и размещены таким образом, чтобы не допускать возникновения опасных ситуаций, или, если такие опасности сохраняются, снабжены ограждениями либо защитными устройствами, для того чтобы исключить любой риск контакта, который может привести к несчастным случаям.

4.4.5 Детали энергоустановки на топливных элементах и их соединения должны быть сконструированы таким образом, чтобы при использовании в нормальных условиях не происходили потеря устойчивости, деформирование, разрыв или износ, которые могли бы снизить безопасность таких деталей и их соединений.

4.4.6 Энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована, изготовлена и/или оснащена таким образом, чтобы не допускать возникновения рисков, вызываемых присутствием газов, жидкостей, пыли или паров, выделяющихся во время эксплуатации или технического обслуживания энергоустановки.

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, обеспечивающие функции аварийного останова, неисправность которых может привести к возникновению опасного события, определенные при анализе риска, ука-

занном в 4.9.1, должны быть идентифицированы, пройти сертификацию или отдельные испытания для использования этих компонентов по назначению.

4.4.9 Энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована, изготовлена и/или оснащена таким образом, чтобы не допускать возникновения рисков, вызываемых присутствием газов, жидкостей, пыли или паров, выделяющихся во время эксплуатации или технического обслуживания энергоустановки либо применяемых в конструкции.

4.4.10 Изготовитель должен предпринять шаги по устранению риска получения травм вследствие контакта или нахождения вблизи нагретых до высоких температур наружных поверхностей кожуха энергоустановки на топливных элементах, рукояток и ручек.

4.4.11 Если пользователи без индивидуальных средств защиты могут дотронуться до наружных поверхностей кожуха энергоустановки на топливных элементах, рычагов, рукояток, ручек или подобных частей во время работы энергоустановки, изготовитель должен либо ограничить температуры этих поверхностей в соответствии с таблицей 1, либо установить ограждения или защитные устройства таким образом, чтобы предотвратить риск контакта, который мог бы привести к несчастному случаю.

Таблица 1 — Допустимые повышения температуры поверхности

Элемент	Повышение температуры, °С
Внешние кожухи, исключая рукоятки, за которые человек может держаться при нормальном использовании	60
Поверхности различных рукояток, ручек и аналогичных деталей, за которые человек может держаться в течение короткого промежутка времени только при нормальном использовании:	
- из металла;	35
- фарфора;	45
- формованного материала (пластмасса), резины или дерева	60

Примечания

1 Максимальные повышения температуры поверхности относительно температуры окружающей среды внешних поверхностей, до которых может дотронуться человек без индивидуальных средств защиты во время эксплуатации. Вышеприведенные значения содержатся в таблице 3 МЭК 60335-1.

2 Значения в таблице базируются на температуре окружающей среды, не превышающей, как правило, 25 °С, но иногда достигающей 35 °С. Однако указанные значения повышения температуры заданы исходя из температуры окружающей среды 25 °С.

Температура стен, пола и потолка, примыкающих к стационарной энергоустановке на топливных элементах, в условиях испытаний по 5.12b) не должна превышать температуру окружающей среды более чем на 50 °С.

4.4.12 Энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована и изготовлена таким образом, чтобы излучение шума было снижено до уровня, пригодного для предполагаемого использования или места расположения энергоустановки в соответствии с применимыми региональными или национальными нормами и стандартами, регулирующими уровень шума.

4.4.13 В нормальных установившихся рабочих режимах концентрация оксида углерода в выхлопных газах, образующихся в энергоустановке на топливных элементах, не должна превышать 0,03 % по объему в деаэрированном образце выбросов, который представляет собой образец с концентрацией отходящего CO, скорректированной математически для нулевого избытка воздуха.

Концентрация CO в сухих деаэрированных продуктах сгорания рассчитана по формуле

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

где CO — концентрация оксида углерода в деаэрированных продуктах сгорания, %;

$(CO_2)_{макс}$ — максимальная концентрация диоксида углерода в сухих деаэрированных продуктах сгорания для испытательного топлива, %;

$(CO)_{ср.}$ и $(CO_2)_{ср.}$ — средние значения измеренных концентраций в образце, взятом по меньшей мере три раза во время испытания, обе величины выражены в процентах.

Или

$$CO = (CO)_{ср.}.(21)/(21 - (O_2)_{ср.}),$$

где $(CO)_{ср.}$ и $(O_2)_{ср.}$ — среднее значение измеренных концентраций в образце, взятом по меньшей мере три раза во время испытания, %.

4.4.14 Если в трубопроводах содержатся взрывоопасные, огнеопасные или токсичные текучие среды, должны быть предусмотрены соответствующие меры предосторожности при конструировании и маркировке мест отбора проб и отводов.

4.4.15 Максимальные температуры комплектующих изделий и материалов, используемых в энергоустановке на топливных элементах, не должны превышать допустимые значения для этих комплектующих изделий и материалов.

4.4.16 Изготовитель должен рассмотреть возможность работы энергоустановки на топливных элементах в физической среде, в которой присутствуют загрязняющие вещества (например, пыль, соль, дым и коррозионные газы).

4.4.17 Кожух энергоустановки должен быть спроектирован таким образом, чтобы надежно удерживать любые предполагаемые утечки опасной жидкости (см. 4.5.2e) для жидкого топлива). Средства удержания должны иметь 110 %-ную емкость максимального объема возможной утечки.

4.4.18 Изготовитель должен принимать меры против аккумулирования конденсата. Изготовитель должен принимать меры, для того чтобы не допустить просачивание выхлопного газа через сливные линии для отведения конденсата.

4.5 Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением

4.5.1 Оборудование, работающее под давлением

Оборудование под давлением, такое как реакторы, теплообменники, газовые трубчатые нагреватели и котлы, электрические котлы, охладители, аккумуляторы и подобные сосуды, и соответствующие устройства сброса давления, такие как предохранительные клапаны и аналогичные устройства, должны быть сконструированы и промаркированы в соответствии с применимыми региональными или национальными нормами и стандартами для оборудования, работающего под давлением. Сосуды, такие как баки и подобные емкости, которые не подпадают под действие национальных стандартов об оборудовании в соответствии с региональными или национальными нормами и стандартами для оборудования, работающего под давлением, должны быть изготовлены из материалов согласно 4.3 и удовлетворять соответствующим требованиям 4.4. Эти сосуды, их соединения и арматура должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы обладать достаточной прочностью для обеспечения необходимой функциональности и предотвращения утечек. Водородные технологии, связанные с аккумулированием в металлогидридных контейнерах, должны соответствовать ИСО 16111.

4.5.2 Системы трубопроводов

Трубопроводы, их соединения и арматура должны соответствовать применимым положениям ИСО 15649.

Системы трубопроводов, рассчитанные на внутреннее избыточное давление выше нуля, но меньше 105 кПа, в которых транспортируются невоспламеняющиеся, нетоксичные текучие среды, безопасные для человека, с расчетными температурами от минус 29 °С до плюс 186 °С не рассмотрена в ИСО 15649. Системы трубопроводов для этих условий, должны быть изготовлены из соответствующих материалов согласно 4.3 и отвечать требованиям 4.4. Такие трубы и относящиеся к ним соединения и арматура должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы обладать достаточной прочностью для обеспечения необходимой функциональности и предотвращения утечек.

При проектировании и изготовлении как жестких, так и гибких труб и арматуры должны учитывать следующие положения:

a) материалы должны соответствовать требованиям, изложенным в 4.3;

b) внутренние поверхности труб должны быть тщательно очищены от посторонних частиц, а концы труб — райберовать для удаления заусенцев и др.;

c) если накопление конденсата или осадков внутри труб с газовыми средами может вызвать повреждения в результате гидравлического удара, потери вакуума, коррозии и неконтролируемых химических реакций во время пуска, остановки и/или использования, изготовитель должен предоставить

средства для слива и удаления отложений из низко расположенных участков и обеспечения доступа при проведении очистки, осмотра и текущего обслуживания, в частности: принять меры против накопления осадков или конденсата в средствах управления подачей топливного газа. Должны быть установлены отстойники или фильтры либо предусмотрены соответствующие указания в технической документации на изделие;

d) изготовитель должен принять меры против накопления осадка в элементах управления жидким топливом, например: установить отстойники или фильтры либо предусмотреть соответствующие указания в технической документации на изделие;

e) неметаллические трубопроводы, используемые для транспортирования горючих газов, должны быть защищены от возможности перегрева и механического повреждения. В соответствии с анализом риска, определенным в 4.1.2, должны быть предусмотрены меры по недопущению выхода температур указанных компонентов за пределы расчетных значений;

f) в энергоустановках на топливных элементах, использующих жидкое топливо, должны быть предусмотрены средства по улавливанию, повторному использованию или безопасному отведению вытекшего жидкого топлива. Должны быть спроектированы каплеуловители, устройства по защите от разлива или трубы с двойной стенкой для предотвращения неконтролируемых утечек.

4.5.3 Выпускная система дымовых газов

Энергоустановка на топливных элементах должна быть снабжена выпускной системой для выведения продуктов сгорания от газоиспользующего оборудования во внешнюю среду. Изготовитель должен либо поставить выпускную систему трубопроводов, отвечающую нижеперечисленным требованиям, либо предоставить соответствующие инструкции в технической документации на изделие по выбору выпускной системы трубопроводов, отвечающей следующим требованиям:

a) материалы должны соответствовать требованиям, изложенным в 4.3. В частности, выпускная система должна быть изготовлена из материалов, устойчивых к коррозии, вызываемой конденсатом. Неметаллический материал должны выбирать, исходя из температурных ограничений для данного материала, прочности и устойчивости к воздействию конденсата;

b) детали выпускной системы энергоустановки на топливных элементах должны быть прочными. Детали выпускной системы, включая детали внутри энергоустановки на топливных элементах, не должны ломаться, откручиваться или получать такие повреждения, которые могут повлиять на безопасность работы энергоустановки на топливных элементах;

c) выпускная труба должна быть надежно закреплена на опоре и снабжена защитным колпаком от дождя и снега или другим аналогичным устройством, которое не будет ограничивать или затруднять движение газового потока при выпуске;

d) должны быть предусмотрены средства, такие как дренажная система, для предотвращения накопления воды, льда или других веществ внутри выпускной трубы или засорения выпускной трубы;

e) выпускная система энергоустановки на топливных элементах должна быть герметична;

f) выходной патрубок отработанных газов должен иметь размер, позволяющий подсоединять коммерчески доступный выпускной соединитель стандартного диаметра или патрубок, указанный производителем в инструкциях по монтажу;

g) реле давления, предназначенные для контроля потока выхлопных газов, если их используют, должны иметь заводские настройки, или, по усмотрению производителя, настраиваться уполномоченным персоналом на площадке, где устанавливают энергоустановку на топливных элементах. Затем средства настройки должны быть заблокированы. Реле давления должно быть промаркировано с четким указанием номера детали, присвоенного производителем или дистрибьютором, или соответствующей документации, в которой содержится информация по заблокированным настройкам давления;

h) детали реле давления, контактирующие с конденсатом отработанных газов, должны быть коррозионноустойчивы к такому конденсату при рабочих температурах;

i) энергоустановка на топливных элементах должна начинать и продолжать работать при соответствующем уровне содержания оксида углерода (CO), если выпускная система подвергается воздействию статического давления до 116 Па или динамического давления до 134,5 Па (скорость ветра от 9 до 54 км/ч) в соответствии с испытаниями по 5.14;

j) если энергоустановка на топливных элементах снабжена выпускной системой, температура отработанных газов, транспортируемых при помощи этой системы, не должна превышать температур, допустимых для материалов, используемых при изготовлении этой выпускной системы;

k) длина выпускной системы должна находиться в пределах, установленных во время испытаний, выполненных согласно разделу 5.

4.5.4 Компоненты для транспортирования газа

Компоненты для транспортирования газа должны обеспечивать такую герметичность, которая не может быть нарушена в обычных условиях транспортирования, монтажа и использования.

4.6 Защита от опасности возникновения пожара или взрыва

4.6.1 Предотвращение опасности возникновения пожара и взрыва в энергоустановках на топливных элементах, снабженных кожухами

a) Интегрированные системы энергоустановки на топливных элементах должны быть скомпонованы таким образом, чтобы предотвратить опасности, связанные с накоплением огнеопасной газовой среды внутри энергоустановки на топливных элементах.

b) Граница разбавления нормальных внутренних выбросов до концентраций менее 25 % от нижнего предела воспламеняемости может быть определена с помощью анализа методами вычислительной гидродинамики, использования тарировочного газа или аналогичных методов, указанных в МЭК 60079-10. Все устройства, установленные в пределах границ разбавления, должны соответствовать требованиям, указанным в 4.6.1 e). Объем в пределах границ разбавления должен классифицироваться в соответствии с МЭК 60079-10. Нижние пределы воспламеняемости типичных газов представлены в МЭК 60079-20.

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

- поддерживать концентрацию газовых смесей на уровне менее 25 % от нижнего предела воспламеняемости, за исключением пространства в границах разбавления;
- ограничивать распространение границ разбавления пределами топливного отсека.

d) Методы поддержания нормального внутреннего газовыделения на уровне менее 25 % от нижнего предела воспламеняемости, за исключением зон в границах разбавления, включают:

1) управляемое окисление нормального внутреннего газовыделения.

Может быть реализовано путем обеспечения постоянных и надежных источников воспламенения и окислителя, что обеспечивает сгорание выделяемых газов, или за счет использования устройств каталитического окисления.

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

2) разбавление нормального внутреннего газовыделения воздухом.

Разбавление нормального газовыделения воздухом до концентраций менее 25 % от нижнего предела воспламеняемости, за исключением зон в границах разбавления, может достигаться путем механической вентиляции. Во всех случаях минимальная кратность воздухообмена должна быть согласована с допустимой скоростью утечки, определенной в ходе испытаний по 5.4.

Вентилируемые топливные отсеки должны быть спроектированы для работы при отрицательном, относительно других отсеков энергоустановки на топливных элементах и ее окружения, давлении. Это отрицательное давление в топливном отсеке устанавливается при помощи искусственной или вытяжной вентиляции. Корректная работа системы вентиляции должна подтверждаться путем измерения, либо расхода, либо давления. Выход из строя системы вентиляции должен приводить к включению функции останова технологического оборудования. Функции управления, обеспечивающие работу вентиляции, должны соответствовать положениям настоящего стандарта о функциональной безопасности, приведенным в 4.1. Вентиляция топливных отсеков энергоустановок на топливных элементах при отрицательных давлениях может не требоваться в том случае, если предусмотрены соответствующие средства по ограничению концентрации горючего газа до уровня менее 25 % от нижнего предела воспламеняемости во всех условиях применения, за исключением зоны в пределах границ разбавления или в соответствии с 4.6.1 g).

В топливных отсеках, где использована вентиляция для защиты от накапливания воспламеняющихся сред, продувку должны проводить таким образом, чтобы снизить концентрацию сред до уровня менее 25 % от нижнего предела воспламеняемости.

Примечание — Одним из способов продувки является использование, по меньшей мере, четырехкратного воздухообмена в течение интервала времени, необходимого для получения этого результата.

Продувку проводят перед подачей электропитания на любое из устройств, которые не подпадают под классификацию в соответствии с 4.6.1 b). Продувка не требуется в том случае, если конструктивно

может быть продемонстрировано, что среда внутри отсека и соответствующих каналов не является опасной. Все устройства, питание на которые должно подаваться перед проведением продувки или для ее осуществления, должны соответствовать требованиям, изложенным в 4.6.1 e).

e) В пределах зон, которые классифицируют как опасные в 4.6.1. b), за исключением устройств, использующих методы защиты, описанные в 1) 4.6.1 d) , изготовитель должен исключить присутствие источников воспламенения, обеспечив выполнение следующих положений:

- установленное электрооборудование соответствует классификации зон в соответствии с МЭК 60079-0 и другим применимым частям серии МЭК 60079;
- установленный резистивный распределенный электронагреватель, если таковой имеется, соответствует МЭК 60079-30-1;
- температуры поверхностей не превышают 80 % от температуры самовоспламенения горючего газа или пара, °С. Данные по температурам самовоспламенения различных горючих текучих сред содержатся в МЭК 60079-20;
- оборудование, содержащее материалы, которые могут выступить катализаторами в реакции горючих текучих сред с воздухом, должно иметь возможность подавлять распространение реакции от оборудования к окружающей горючей среде;
- потенциал для статического разряда устранен путем соответствующего электрического соединения и заземления и за счет правильного выбора материалов.

f) В отсеках, содержащих электрическое или механическое оборудование, должно поддерживаться положительное давление относительно смежных отсеков с источниками горючего газа или пара в соответствии с МЭК 60079-2, если данное оборудование не соответствует требованиям, указанным в 4.6.1 e).

g) Энергоустановка на топливных элементах должна быть обеспечена пассивными и активными средствами или комбинацией пассивных и активных средств для поддержания интенсивности аномальных внутренних выделений на уровне менее 25 % от нижнего предела воспламеняемости, за исключением зон в границах разбавления. В рамках данного анализа не должен рассматриваться сценарий газовыделения при возникновении внезапных и катастрофических отказов, если в конструкции оборудования и трубопроводов, работающих под давлением, уже предусмотрены меры защиты против таких отказов (см. также 4.5). Пассивные средства включают, но не ограничиваются им, механическое ограничение выбросов горючих газов или паров в пределах максимальных значений путем использования установленных в трубах диафрагм и аналогичных методов ограничения расхода, или муфт, неразъемно закрепленных и сконструированных таким образом, чтобы ограничивать интенсивность выброса в пределах прогнозируемой максимальной величины. Активные средства могут включать в себя устройства для измерения и регулирования расхода или устройства защиты, такие как датчики горючих газов. Эти средства должны соответствовать требованиям, указанным в 4.9, и вызывать включение функции останова энергоустановки на топливных элементах при возникновении условий, при которых концентрация любого горючего газа в выпускной трубе вентиляции превышает 25 % от нижнего предела воспламеняемости для этого газа.

h) Энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечивать безопасное рассеивание потоков вентиляционных и технологических выхлопных газов. В частности, в оборудовании, устанавливаемом внутри помещений, выход вентиляционных и технологических газов должен быть спроектирован с возможностью подключения к выпускной или вентиляционной системам.

i) Потенциал, вызывающий статический разряд, устранен путем соответствующего соединения и заземления металлических частей, а также выбора материалов, не образующих заряд, который может привести к возникновению искры, способной воспламенить горючую газовоздушную смесь. Также должны учитывать влияние расходов в трубах, способных образовать заряд.

j) Функция управления, которая предназначена для недопущения превышения уровня 25 % от нижнего уровня воспламеняемости, например путем разбавления воздухом и/или измерения концентрации и останова при превышении предельных значений, должна быть спроектирована в соответствии с требованиями 4.1.

Примечания

1 Неметаллические трубы, по которым перемещается водород, могут накапливать электростатический заряд вдоль поверхности этих труб. Разряды с поверхности труб могут привести к воспламенению огнеопасной смеси газа или пара в окружающей среде. В МЭК 60079-10 указаны меры по исключению электростатических разрядов

в зонах 1 и 2. Этого можно достичь выбором материала трубы с достаточной удельной электропроводностью или ограничением скорости потока газа до уровня, ниже которого электростатический заряд не накапливается.

2 Металлическая оплетка жгутов или токопроводящие провода внутри неметаллических трубопроводов могут увеличивать возможность возникновения электростатического разряда, если эти проводники отсоединяются от заземляющего проводника.

4.6.2 Предотвращение опасности пожара и взрыва в горелках

a) Энергоустановки на топливных элементах должны быть спроектированы таким образом, чтобы не допускать опасного накопления огнеопасных или взрывоопасных газов в горелках (пусковых, основных и вспомогательных горелках секции риформера, горелках, работающих на отработанном газе).

b) Основная горелка должна быть оснащена запальной горелкой или устройством прямого воспламенения.

c) Устройство прямого воспламенения должно управляться автоматически и не приводить к ухудшению работы горелки. Устройства прямого воспламенения должны быть непосредственно позиционированы относительно отверстий основной горелки. Должны быть предусмотрены средства, предотвращающие неправильную сборку или монтаж, допускающий смещение устройства прямого воспламенения относительно обслуживаемой горелки.

d) Запальные горелки должны управляться автоматически, и любой вид топлива, используемый в запальной горелке, должен зажигаться при помощи прямого воспламенения. Запальные горелки должны быть спроектированы и установлены таким образом, чтобы занимали правильное положение относительно горелок, которые они должны зажигать. В том случае, если запальная горелка является частью пусковой горелки, работа запальной горелки должна быть оценена только в соответствии с требованиями к конструкции и рабочим параметрам, содержащимся в настоящем стандарте.

e) Автоматическая электрическая система управления горелкой должна соответствовать требованиям, изложенным в 4.9.2, и ее работа должна быть согласована с работой горелки для обеспечения безопасного пуска, работы и останова, включая блокировку, если таковая необходима. Контроль пламени или процесса окисления является неотъемлемой функцией управления.

f) Пламя в основной горелке, или в запальной горелке, или в обоих устройствах должны контролировать при помощи датчика пламени или других соответствующих средств. Если основная горелка зажигается при помощи запальной горелки, наличие пламени в запальной горелке должно быть установлено до подачи газа в основную горелку. Система с запальной горелкой кратковременного действия должна обеспечивать контроль пламени в основной горелке после периода установления пламени в основной горелке.

g) Контролируемое пламя запальной горелки должно воспламенять топливо в основной горелке, даже если подача топлива к запальной горелке снижена до минимального уровня, при котором пламени запальной горелки достаточно для активации устройства контроля пламени в соответствии с МЭК 60730-2-5.

h) Если подводимое тепло запальной горелки не превышает 0,250 кВт, то требования по периоду установления пламени не предъявляются.

i) Если подводимое тепло запальной горелки превышает 0,250 кВт или в случае прямого воспламенения основной горелки, время блокировки при пуске устанавливается производителем так, чтобы в соответствии с тестом на воспламенение с задержкой (см. 5.10.2) не возникало рисков для здоровья или безопасности потребителя или повреждений энергоустановки на топливных элементах.

j) Каждая попытка зажигания запальной горелки или прямого зажигания основной горелки начинается с открытия топливных клапанов и завершается закрытием топливных клапанов. Искра должна быть, по меньшей мере, до момента воспламенения или до конца периода установления пламени.

k) Попытки зажигания основной горелки при помощи запальной горелки или прямого воспламенения должны выполняться не более трех раз, после каждой попытки система управления горелкой должна возвращаться в исходное состояние. Возможность осуществления большего числа попыток должна быть установлена производителем на основе анализа безопасности.

Отсутствие пламени после третьей попытки должно приводить, по меньшей мере, к блокировке.

l) В случае погасания пламени система должна инициировать, по крайней мере, повторное зажигание, повторение цикла или блокировку.

m) Время блокировки при погасании пламени запальной горелки или основной горелки не должно превышать 3 с. Более длительное время блокировки допускается, если это указано производителем на основе анализа безопасности.

Исключение — Основное устройство защиты не должно обесточивать все предохранительные топливные клапаны в случае, если температура полости, где размещается горелка, с которой контактирует горючая воздушно-топливная смесь, превышает температуру самовоспламенения топлива, °С.

n) Если повторное зажигание выполняют в соответствии с условиями испытаний по 5.10.2, то к устройству прямого воспламенения должно быть повторно подано питание не позднее, чем через 1 с после пропадания сигнала о наличии пламени. В этом случае период установления пламени равен периоду времени, необходимому для зажигания, и этот период начинается с момента подачи питания на устройство воспламенения. Отсутствие пламени в конце периода установления пламени должно приводить, по меньшей мере, к блокировке.

o) Если повторный цикл выполняют в соответствии с условиями испытаний по 5.10.2, то перед этим должны быть выполнены прерывание подачи газа и продувка; последовательность действий для осуществления зажигания должна быть соблюдена с самого начала. В этом случае период установления пламени равен периоду времени, применяемому для зажигания, и этот период начинается с момента подачи питания на устройство воспламенения. Попытки выполнения повторного цикла должны производить не более трех раз, после каждой попытки должна следовать продувка. Отсутствие пламени в конце третьей попытки должно приводить, по крайней мере, к блокировке.

p) Система автоматического управления горелкой, как определено в МЭК 60730-2-5, должна быть сконструирована таким образом, чтобы не допустить реакции двигателя, конденсатора или аналогичного устройства, вызывающей подачу питания на топливный клапан или устройство воспламенения после того, как устройство управления отключит основную горелку.

q) В том случае, если по соображениям безопасности перед пуском или после остановки необходимо безопасное состояние, должны быть предусмотрены средства автоматической продувки камеры сгорания или полости от смеси любых горючих газов перед попыткой зажигания при пуске и в промежутке между попытками повторения цикла. Такая продувка должна обеспечивать, как минимум, четырехкратный воздухообмен в камере сгорания. Объем воздуха, используемого для продувки, должны контролировать при помощи функции управления, связанной с обеспечением безопасности. Уровень безопасности основан на анализе риска в соответствии с 4.1.

r) Компоненты системы автоматического управления горелкой должны быть установлены таким образом, чтобы в ходе нормальной эксплуатации на работу этих устройств и на зажигание основной горелки не могли повлиять оседающие твердые частицы или конденсат.

s) Если первичный воздух под давлением смешивается с подаваемым топливом, то должны быть предусмотрены эффективные средства, не позволяющие воздуху поступать обратно в топливную линию или топливу попадать в линию подвода воздуха. Необходимо осуществлять соответствующий контроль за подачей топлива и воздуха, чтобы гарантировать наличие потока воздуха перед выполнением зажигания и не допускать попадания топлива в горелку риформера до подачи воздуха, и в случае выхода из строя воздушного вентилятора отключить подачу топлива.

t) Рычажные механизмы, обеспечивающие работу средств управления топливом и воздухом, в случае их использования, должны быть спроектированы таким образом, чтобы надежно поддерживать требуемое соотношение топливо/воздух и препятствовать возникновению случайных поломок и разъединению.

u) После включения функции останова должно быть обеспечено безопасное удержание опасных газов в технологической системе, их продувка или химическое преобразование.

v) Изготовитель должен обеспечить энергоустановку на топливных элементах средствами, не допускающими попадание воздуха в топливные магистрали или магистрали горючих технологических газов, а топлива или горючего технологического газа — в воздушные магистрали.

w) Концентрация оксида углерода, производимая энергоустановкой на топливных элементах в условиях заблокированного выхода системы выпуска, не должна превышать 0,03 % в деаэрированном образце отработанных газов или значений, определенных в национальных нормах и стандартах, при проведении испытаний по 5.15.2.2. Кроме того, концентрация оксида углерода, производимая энергоустановкой на топливных элементах, не должна превышать 0,03 % в деаэрированном образце отработанных газов, когда вход подачи воздуха заблокирован в соответствии с испытаниями по 5.15.2.3.

x) Если температура камеры сгорания и деталей камеры сгорания, непосредственно контактирующих с газовоздушной смесью, выше температуры самовоспламенения (°С), контроль за наличием пламени может быть заменен на контроль температуры. Если температура опускается ниже температуры самовоспламенения, аварийные отсечные клапаны должны быть обесточены. Более того, деблокиро-

вание газового потока должно быть разрешено только после того, как обеспечена температура самовоспламенения. Эта функция управления должна базироваться на уровне безопасности, приведенном в МЭК 60730-2-5.

4.6.3 Предотвращение опасности возникновения пожара и взрыва в системах каталитического окисления топлива (каталитических горелках)

a) Внутри компонентов энергоустановки на топливных элементах, транспортирующих текучие среды, в которых намеренно создаются объемы огнеопасных или взрывоопасных газов для проведения управляемых реакций каталитического окисления топлива (например, каталитическое частичное окисление, каталитическое сгорание), изготовитель не должен допускать опасного скопления огнеопасных или взрывоопасных газов.

b) В том случае, если по технологическим причинам необходимо безопасное состояние перед пуском или после включения функции останова, то должны быть предусмотрены средства для продувки компонентов системы каталитического окисления топлива. В системе продувки можно использовать среду, указанную производителем, в том числе азот, воздух или пар. Объем продувки определен с учетом характеристик потока, динамики и геометрии системы. Количество продувочного газа должны контролировать при помощи функции управления безопасностью. Уровень безопасности определяется, исходя из анализа риска в соответствии с 4.1.

c) В зонах, где воздух смешивается с топливом, изготовитель должен обеспечить соответствующие средства для предотвращения попадания воздуха в топливную магистраль или топлива в воздуховод:

1) для систем, использующих избыток воздуха, должно быть соответствующее управление подачей топлива и воздуха для обеспечения наличия воздуха до начала реакции и предотвращения попадания топлива в реактор до момента, когда будет доступен воздух;

2) для систем, использующих избыток топлива, должно быть соответствующее управление подачей топлива и воздуха для обеспечения наличия топлива до начала реакции и предотвращения попадания воздуха в реактор до момента, когда будет доступно топливо.

d) Рычажные механизмы, обеспечивающие работу средств управления топливом и воздухом, в случае их использования, должны быть сконструированы таким образом, чтобы с высокой степенью надежности поддерживать требуемое соотношение топливо/воздух и не допускать возникновения случайных поломок и расцепления.

e) Время инициирования реакции должны определять с учетом времени отклика устройств управления энергоустановкой и времени, необходимого для накопления максимально допустимого объема огнеопасных или взрывоопасных смесей, которые могут безопасно содержаться в системе, исходя из расхода топлива, воспламеняемости топливно-воздушной смеси, динамики и геометрии установки.

f) Если каталитическая реакция не устанавливается в течение времени инициирования реакции, энергоустановка должна автоматически отключать подачу топлива или, при работе с избытком топлива, подачу всех реагентов.

g) Температуру катализатора должны контролировать либо напрямую, либо опосредованно. Течение реакции нарушено, если температура или скорость изменения температуры катализатора выходит за пределы допустимого диапазона, указанного производителем. В этом случае энергоустановка должна автоматически отключить подачу топлива или, для операций с избытком топлива, подачу всех реагентов. Время блокировки при нарушении течения реакции не должно превышать 3 с. Допустимо более длительное время блокировки, если это указано производителем на основе анализа безопасности.

h) Если существует возможность накапливания смеси топлива и воздуха внутри энергоустановки на топливных элементах, что может быть вызвано либо невозможностью запуска реакции в пределах времени инициирования реакции, либо полным затуханием реакции, либо снижением или увеличением скорости реакции до опасных уровней, то изготовитель должен гарантировать, что максимальное количество огнеопасной смеси, которое может накапливаться с большой степенью вероятности, при воспламенении создаст давление и температуру, которые могут безопасно удерживаться внутри компонентов, находящихся в таких условиях.

i) После включения функции останова опасные газы должны надежно удерживаться в технологической системе или отводиться.

j) Если потоки воздуха и топлива находятся в непосредственной близости друг от друга как элементы системы терморегулирования, изготовитель должен обеспечить энергоустановку на топливных элементах соответствующими средствами для предотвращения рисков для здоровья и безопасности, которые могут возникнуть при попадании воздуха в топливные магистрали или топлива в воздушные магистрали.

Примечание — 4.6.3 применяется также к каталитическому реактору отработавших анодных газов.

4.7 Электробезопасность

Схемное решение и конструкция электрической системы, а также использование электрического и электронного оборудования, включая электродвигатели и оболочки, должны отвечать требованиям соответствующих стандартов по применению электротехнических изделий, таких как:

- МЭК 60335-1 (например, электрооборудование для бытового/коммерческого применения и легкой промышленности);
- МЭК 60204-1 (например, электрооборудование для крупной промышленности);
- МЭК 60950-1 (например, электрооборудование для телекоммуникаций);
- МЭК 62040-1 (например, источники бесперебойного питания).

Конкретная область применения устанавливается в технических требованиях. Разработчик систем топливных элементов должен учитывать также следующие проблемы:

- остаточный заряд на батарее топливных элементов;
- энергетический опасный фактор между топливными элементами.

4.8 Электромагнитная совместимость (ЭМС)

Энергоустановка на топливных элементах не должна создавать электромагнитные помехи, превышающие уровни, соответствующие предполагаемому месту использования. Кроме того, оборудование должно иметь соответствующий уровень устойчивости к электромагнитным помехам для того, чтобы это оборудование могло должным образом работать в предполагаемом окружении. В зависимости от предполагаемого применения энергоустановка на топливных элементах должна соответствовать следующим стандартам: МЭК 61000-3-2, МЭК 61000-3-3, МЭК 61000-3-4, МЭК 61000-3-5, МЭК 61000-3-11, МЭК 61000-6-1, МЭК 61000-6-2, МЭК 61000-6-3 и МЭК 61000-6-4.

4.9 Системы управления и компоненты защиты

4.9.1 Общие требования

4.9.1.1 Анализ риска в соответствии с 4.1 должен обеспечить основу для задания параметров защиты цепи безопасности.

4.9.1.2 Энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована таким образом, чтобы единичный отказ компонента не приводил к каскадному переходу в опасное состояние. Средства по предотвращению каскадных отказов включают нижеперечисленные, но не ограничиваются ими:

- устройства защиты в энергоустановке на топливных элементах (например, блокирующие устройства, устройства расцепления),
- защитная блокировка электрической цепи,
- использование проверенных технологий и компонентов,
- обеспечение частичного или полного дублирования или разнородности компонентов,
- средства для проверки работоспособности.

Необходимые меры по предотвращению отказов и/или управлению отказами, при их наличии, изложены в стандартах по контролю в соответствующих областях применения, как показано в 4.1.

4.9.2 Системы управления

4.9.2.1 Общие требования

Автоматические электрические и электронные средства управления энергоустановок на топливных элементах должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы они были безопасными и надежными. Энергоустановки на топливных элементах для бытового и коммерческого применения или легкой промышленности должны соответствовать МЭК 60730-1.

Электрические системы автоматического управления горелками должны соответствовать МЭК 60730-2-5.

Электрические системы автоматического управления реакторами каталитического окисления должны соответствовать МЭК 60730-2-5. Конкретные требования изложены в 4.6.3.

Ручные средства управления должны быть четко промаркированы и спроектированы так, чтобы предотвратить случайные настройку и приведение в действие.

В частности, применяются следующие требования.

4.9.2.2 Пуск

Пуск должен происходить только тогда, когда все предохранительные устройства установлены в надлежащее положение и находятся в работоспособном состоянии.

Для обеспечения пуска должны быть предусмотрены соответствующие устройства блокировки.

Для установки, функционирующей в автоматическом режиме, должна быть предусмотрена возможность повторного пуска после включения функции останова только после выполнения условий безопасности. Также должна быть возможность повторного пуска энергоустановки на топливных элементах путем намеренного приведения в действие органа управления, предназначенного для этой цели, при условии, что такой повторный пуск является гарантированно безопасным.

Данное требование не относится к повторному пуску энергоустановки на топливных элементах в результате выполнения нормальной последовательности автоматического цикла.

4.9.2.3 Функции останова

Согласно анализу риска, указанному в 4.1, в функциональных требованиях к энергоустановке на топливных элементах должны предусматриваться следующие остановы:

- Функция аварийного останова.

Функция аварийного останова для системы с работой при избытке воздуха требует отключения средств подачи основного потока топлива, а для системы, работающей с избытком топлива, — отключения средств подачи как технологического воздуха, так и потока топлива, и такая функция может быть активизирована в результате действия ограничителя, выключателя или обнаружения внутренней неисправности энергоустановки.

- Функция нормального останова.

Функция нормального останова для системы с работой при избытке воздуха требует отключение средств подачи потока топлива, а для системы, работающей с избытком топлива, — отключения средств подачи как технологического воздуха, так и потока топлива, и такая функция может быть активизирована в результате размыкания контура управления при помощи специального устройства, например терморегулятора. При этом система возвращается в исходное положение.

4.9.2.3.1 Функции аварийного останова

a) Общие положения

Средства аварийного останова должны быть включены в состав энергоустановки на топливных элементах для предотвращения реально существующей или надвигающейся опасности, которая не может быть устранена при помощи средств управления. Данные средства должны выполнять следующие функции:

- предотвращать опасные состояния, не создавая дополнительных опасностей,
- запускать или разрешать запуск определенных защитных действий, если необходимо,
- блокировать все другие функции и операции во всех режимах;
- предотвращать возврат в исходное положение, начиная с момента инициирования повторного пуска;
- обеспечивать блокировки повторного пуска таким образом, чтобы при нормальной работе новая команда о пуске могла возыметь действие только после выполнения намеренного возврата в исходное состояние средств блокировки повторного пуска.

b) Функция аварийного останова

Ручные средства аварийного останова (например, кнопка команды ОСТАНОВ), если таковые требуются по результатам анализа риска по 4.1, в соответствии с ИСО 13850 должны быть оснащены легко идентифицируемыми, ясно видимыми органами управления с возможностью быстрого доступа.

c) Функции управления в случае отказа систем управления

В случае ошибки логики системы управления либо сбоя или неисправности аппаратного обеспечения системы управления:

- не должны приниматься меры по предотвращению останова энергоустановки на топливных элементах после того, как была дана команда об останове,
- должен быть беспрепятственно осуществлен автоматический или ручной останов движущихся частей,
- устройства защиты должны оставаться полностью действующими,
- не должен производиться непредвиденный повторный пуск энергоустановки на топливных элементах.

Когда устройство защиты или устройство блокировки вызывает аварийный останов энергоустановки на топливных элементах, то сигнал об этом состоянии должен посылаться в логическое устройство системы управления. Возврат в исходное состояние функции останова не должен приводить к возникновению какого-либо опасного состояния. Для обеспечения информации о состоянии установки

может продолжаться подача питания к системам управления/контроля, которые могут безопасно работать в опасной ситуации.

4.9.2.3.2 Функция нормального останова

Нарушение условий, которые можно надежно контролировать или которые не представляют непосредственной опасности, может быть устранено путем нормального останова. При нормальном останове может быть выключено электропитание всего оборудования, или электроэнергия может попрежнему подаваться к приводам энергоустановки на топливных элементах.

4.9.2.4 Разрешающие условия

Разрешающие условия должны реализовать согласно требованиям, установленным на основе анализа риска, описанного в 4.1.

4.9.2.5 Комплексные системы

Если конструктивное исполнение энергоустановки на топливных элементах предусматривает совместную работу с другим оборудованием, то органы останова энергоустановки на топливных элементах, включая кнопки команды ОСТАНОВ, должны быть обеспечены средствами, такими как сигнальные интерфейсы, для обеспечения согласованного останова энергоустановки и оборудования, расположенного вверх и/или вниз по потоку, если продолжение работы может быть опасным.

4.9.2.6 Рабочие режимы

a) Рабочие режимы энергоустановок на топливных элементах включают:

- рабочее состояние (значительная выходная электрическая мощность);
- состояние ненагруженного резерва (нулевой выход полезной мощности).

Нерабочие режимы могут включать:

- холодное состояние;
- пассивное состояние; и
- состояние хранения.

b) Должно быть две основные переходные функции: пуск и останов:

- функция «пуск» обеспечивает переход системы из нерабочего режима к рабочему режиму и должна инициироваться внешним сигналом;
- функция «останов» обеспечивает автоматический переход системы из рабочего режима к нерабочему режиму, которая может инициироваться внешним либо внутренним сигналом, возникающим в ответ на нарушение предельных условий, который посылается контроллеру энергоустановки на топливных элементах.

c) В случае необходимости могут предусматриваться дополнительные рабочие режимы и переходные состояния, например допускающие различные величины выходной мощности или предназначенные для выполнения регулировки, технического обслуживания или проверки.

d) Выбор режима

Если энергоустановка на топливных элементах спроектирована и изготовлена для использования в нескольких режимах управления или эксплуатации с различными уровнями безопасности (например, регулировка, техническое обслуживание, проверка и т. д.), установка должна предоставлять возможность выбора режима, который может фиксироваться в каждом из положений. Каждое положение переключателя режима должно соответствовать одному режиму работы или управления и должно быть оснащено устройствами блокировки повторного пуска. Команда о новом пуске может быть выполнена при нормальной работе только после того, как блокировки повторного пуска были намеренно возвращены в исходное положение. Выбор режима можно производить при помощи любых фиксируемых средств, таких как кнопки, клавиши с фиксаторами или команды программного обеспечения для предотвращения ненамеренного перехода к другому режиму, что может привести к опасному состоянию. Переключатель может быть спроектирован таким образом, чтобы ограничивать доступ пользователя к определенным режимам работы энергоустановки на топливных элементах (например, коды доступа к определенным функциям, имеющим цифровое управление и т. д.).

e) Выбранный режим должен блокировать все другие системы управления, за исключением функции аварийного останова.

4.9.2.7 Системы дистанционного контроля и управления

Энергоустановки на топливных элементах, которыми могут управлять дистанционно, должны иметь локальный промаркированный выключатель или другие средства для отключения энергоустановки на топливных элементах от сигналов дистанционного управления, которые могут использовать во время выполнения осмотра или технического обслуживания локальным оператором. Системы дистанционного контроля и управления:

a) должны получать разрешение работать с энергоустановками на топливных элементах только в том случае, если дистанционное управление не приведет к возникновению опасного состояния,

b) не должны блокировать устройства защиты, установленные локально.

4.9.3 Компоненты защиты

4.9.3.1 Общие положения

Соответствующие устройства защиты и их комбинации включают в себя соответствующие устройства контроля, такие как индикаторы и/или устройства аварийной сигнализации, позволяющие выполнять соответствующие действия либо автоматически, либо вручную для того, чтобы поддерживать параметры энергоустановки на топливных элементах в допустимых пределах.

Устройства защиты должны:

- быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы быть надежными и соответствовать функциональному назначению, а также учитывать требования к техническому обслуживанию и проведению испытаний устройств, в случае их применения;
- иметь функции защиты, не зависящие от других возможных функций;
- соответствовать подходящим принципам конструирования для обеспечения адекватной и надежной защиты. Эти принципы, в частности, включают в себя отказобезопасные режимы, принципы избыточности, разнородности и самодиагностику.

Необходимо предотвращать опасную перегрузку оборудования на стадии проектирования при помощи устройств встроенного контроля, регулирования и управления, таких как автоматические выключатели, защищающие от перегрузки по току, ограничители температуры, дифференциальные реле давления, расходомеры, реле с задержкой, мониторы превышения скорости и/или аналогичные устройства мониторинга.

Защитные устройства с функцией измерения должны быть спроектированы и изготовлены таким образом, чтобы они могли удовлетворять техническим требованиям и специальным условиям применения. В случае необходимости должна быть предусмотрена возможность проверки точности измерения и работоспособности устройств. Эти устройства должны иметь коэффициент безопасности, который гарантирует, что порог срабатывания находится достаточно далеко от регистрируемых предельных значений, в частности, принимая во внимание условия работы установки и возможные отклонения в системе измерений. Если защитное устройство управления состоит из электронных компонентов, то такое устройство управления должно быть спроектировано в соответствии с требованиями, указанными в 4.1.

4.9.3.2 Типы компонентов

a) Ограничители давления, такие как реле давления, должны соответствовать МЭК 60730-2-6.

b) Устройства контроля температуры должны иметь время отклика, достаточное для обеспечения защиты и согласующееся с целью измерения в соответствии с МЭК 60730-2-9.

c) В энергоустановке на топливных элементах можно использовать газовый детектор в качестве защитного компонента для предотвращения возможной утечки газа. Газовый детектор, если его используют в энергоустановке на топливных элементах, должен соответствовать ИСО 26142 или МЭК 60079-29-1, при необходимости.

d) Контур управления газового детектора (включая чувствительный элемент, электронную схему, устройство отключения подачи топлива) должен быть отказоустойчивым и спроектирован в соответствии с требованиями 4.1.

e) Все детали энергоустановок на топливных элементах, которые настраивают или регулируют на стадии изготовления и к которым не должны иметь допуск пользователь или монтажник, необходимо соответствующим образом защищать.

f) Рычаги и другие регулирующие и задающие устройства должны иметь четкую маркировку и снабжены соответствующими инструкциями для предотвращения ошибки при обращении с данными устройствами. Конструкция данных устройств должна предотвращать случайные манипуляции.

4.10 Оборудование с пневмо- и гидроприводами

Пневматическое и гидравлическое оборудование энергоустановок на топливных элементах должно проектироваться в соответствии с ИСО 4413 и ИСО 4414.

4.11 Клапаны

4.11.1 Запорные клапаны

a) Все оборудование и системы, где необходимы локализация или блокирование потока технологической текучей среды во время выполнения функции останова, испытаний, технического обслуживания, нарушения нормальной работы или в аварийном состоянии, должны быть снабжены запорными клапанами.

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

c) Приводы, смонтированные на запорных клапанах, должны быть рассчитаны на диапазон температур, позволяющий выдерживать температуру окружающей среды в месте расположения установки и дополнительное тепло, передаваемое от корпуса клапана.

d) Запорные клапаны с электрическим, гидравлическим или пневматическим приводом должны переходить в безопасное положение при прекращении подачи энергии, вызывающей их срабатывание.

4.11.2 Топливные клапаны

Клапаны подачи топлива должны соответствовать следующим требованиям:

a) Все топливо, подаваемое к энергоустановке на топливных элементах, должно проходить по меньшей мере через два автоматических клапана, расположенных последовательно, каждый из которых служит как предохранительный отсечной клапан и может быть использован как управляющий клапан.

b) Любое топливо, подаваемое непосредственно к топливосжигающему оборудованию, такому как пусковой водонагреватель или пусковая горелка риформера, должно также проходить по меньшей мере через два автоматических клапана, расположенных последовательно, каждый из которых служит как управляющий клапан и как предохранительный отсечной клапан. Эти клапаны могут входить или не входить в состав единого органа управления.

c) Клапаны подачи топлива с электроприводом должны соответствовать требованиям ИСО 23551-1 или ИСО 23553-1 в зависимости от того, какой из этих стандартов подходит к конкретному случаю.

d) Если топливные газы рециклируются из устройств, использующих выходящий газ энергоустановки, соединительный трубопровод может не иметь запорные клапаны, если будет продемонстрирована безопасность этого процесса согласно анализу риска по 4.1.

e) Применение ручных запорных клапанов для горючих газовых сред должно соответствовать их прямому назначению, исходя из ИСО 23550.

4.12 Вращающееся оборудование

4.12.1 Общие требования

a) Вращающееся оборудование должно быть рассчитано на давление, температуру и текучие среды, которые могут воздействовать на это оборудование при нормальных условиях работы.

b) Подводящие и отводящие трубопроводы должны быть соответствующим образом защищены от повреждений из-за вибрации.

c) Уплотнения валов должны быть совместимы с нагнетаемыми жидкостями, рабочим давлением и температурами, ожидаемые при нормальной и ненормальной работе, а также во время включения функций нормального и аварийного останова.

d) Уплотнения валов должны быть спроектированы таким образом, чтобы предотвращать утечку опасных текучих сред. Если уплотнения валов допускают утечку опасных текучих сред, изготовитель должен обеспечивать средства для удержания или разбавления опасных текучих сред, необходимые для устранения угрозы здоровью или безопасности.

e) Двигатели, подшипники и уплотнители должны соответствовать ожидаемым условиям применения.

4.12.2 Компрессоры

4.12.2.1 Компрессоры должны соответствовать одному из следующих стандартов: ИСО 5388; ИСО 10439; ИСО 10442; ИСО 13707; ИСО 10440-1; ИСО 10440-2 или ИСО 13631.

4.12.2.2 С учетом конструктивных особенностей в соответствии с результатами анализа риска по 4.1 в компрессорах или системах компрессоров должны быть предусмотрены следующие устройства:

a) Устройства для сброса давления, которые ограничивают давление каждой ступени сжатия и системы трубопроводов, взаимодействующей с данной ступенью сжатия.

Данное требование применяют только в том случае, если компрессионное оборудование может создавать давление, превышающее величину расчетного давления.

b) Устройство автоматического останова при превышении давления нагнетания и падении давления всасывания.

c) Разгрузочное устройство, которое улавливает и рециркулирует продувочный газ для повторного использования и/или безопасного отвода, если требуется перезапуск компрессора после останова.

d) Ограничитель давления для предотвращения чрезмерного повышения давления на входе.

4.12.2.3 Компрессоры, не подпадающие под действие стандартов, указанных в 4.12.2.1, из-за малой производительности или низкого давления на выходе, должны соответствовать требованиям, которые указаны в 4.12.2.2.

Блочные компрессоры с невысоким давлением на выходе (вентиляторы и нагнетатели) должны иметь защиту в соответствии с ИСО 12499 (см. также 4.4.4).

4.12.3 Насосы

4.12.3.1 Электрические насосы для технологических жидкостей должны соответствовать ИСО 13709 или ИСО 14847, если эти стандарты к ним применимы. Электрические насосы для воды должны соответствовать МЭК 60335-2-51, если он к ним может быть применен.

4.12.3.2 В электрических насосах и системах электронасосов должны быть предусмотрены следующие устройства:

a) Ограничители давления, которые ограничивают давление как на входе, так и на выходе насоса на уровнях более низких значений, чем расчетное давление трубопровода. Если давление отключения электронасоса ниже, чем расчетное давление трубопровода, то предохранительные клапаны не требуются.

b) Устройство автоматического отключения по высокому давлению 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 Кожух

4.13.1 Кожух энергоустановки на топливных элементах должен обладать достаточной прочностью, жесткостью, износоустойчивостью и устойчивостью к коррозии, а также другими характеристиками для того, чтобы служить опорой и ограждать все компоненты и трубопроводы энергоустановки на топливных элементах; кроме того, он должен удовлетворять требованиям, связанным с хранением, транспортированием, монтажом и условиям ее эксплуатации.

4.13.2 Кожух энергоустановки на топливных элементах, предназначенный для использования внутри помещения или вне помещения в условиях защиты от атмосферных воздействий, должен быть спроектирован и испытан на соответствие минимальной степени защиты IP22 в соответствии с МЭК 60529.

4.13.3 Энергоустановка на топливных элементах, предназначенная для использования вне помещения, должна быть спроектирована и испытана на соответствие минимальной степени защиты IP23.

4.13.4 Вентиляционные отверстия должны быть спроектированы таким образом, чтобы при нормальной работе они не забивались грязью, снегом или растительностью в соответствии с предполагаемой областью применения.

4.13.5 Все материалы, используемые для изготовления кожуха, включая шарниры, вентиляционные каналы, уплотнения дверей, должны выдерживать физические, химические и термические воздействия, которые с достаточной степенью вероятности могут возникнуть в течение срока службы энергоустановки на топливных элементах.

4.13.6 Съемные панели, крышки или изоляция, которые необходимо демонтировать для нормального обслуживания и обеспечения доступа, должны быть спроектированы таким образом, чтобы многократные демонтажи и замены не приводили к повреждению или ухудшению изоляционных свойств.

4.13.7 Съемные панели, крышки или изоляция, которые необходимо демонтировать для нормального обслуживания и обеспечения доступа, не должны быть взаимозаменяемы, если эта взаимозаменяемость может привести к возникновению небезопасного состояния.

4.13.8 Любая съемная панель, крышка или створка, предназначенная для защиты оборудования от доступа пользователей или необученного персонала, должна быть снабжена средствами фиксации

и открываться при помощи инструмента, ключа или аналогичных механических средств. Для установок бытового назначения это относится ко всем доступным панелям, крышкам или створкам.

4.13.9 Должны быть предусмотрены средства для отвода собранной жидкости и передачи ее по трубам во внешнюю среду для утилизации или перенаправления с целью использования в процессах энергоустановки на топливных элементах.

4.13.10 В том случае, если размеры кожуха позволяют человеку войти в кожух, процедуры доступа должны быть представлены в технической документации на изделие.

4.14 Теплоизоляционные материалы

Системы изоляции, применяемые в энергоустановке на топливных элементах, должны быть спроектированы таким образом, чтобы обеспечивать:

- химическую совместимость с изолируемыми металлами в газовой среде и при температурах, которые будут воздействовать на установку, а также с другими компонентами самой системы изоляции;
- защиту систем изоляции от предполагаемых температурных и механических нарушений установленных режимов эксплуатации (включая повреждения, вызываемые атмосферными условиями);
- пожарную безопасность путем ограничения температур поверхности тепловыделяющих объектов для предотвращения воспламенения материалов, находящихся в непосредственной близости от этих объектов;
- доступность труб, фитингов и т. д. для выполнения технического обслуживания.

В частности, теплоизоляционные материалы и их внутренние соединения или клеевые средства соединения, наносимые на компоненты энергоустановки на топливных элементах, должны:

- удерживаться на месте при помощи механических средств или адгезии, иметь защиту от смещения или повреждения в результате предполагаемых нагрузок и операций по обслуживанию;
- выдерживать воздействия воздушного потока, температуры и текучих сред, которые они могут испытывать во время нормальной эксплуатации.

Если это необходимо для предотвращения угрозы здоровью и безопасности работников, изготовитель должен указать в руководстве по эксплуатации требования по проверке и безопасности системы теплоизоляции.

4.15 Энергоисточники

4.15.1 Общие требования

Энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована и изготовлена таким образом, чтобы прекращение энергоснабжения энергоустановки от энергоисточников общего пользования систем не приводило:

a) к возникновению опасности для здоровья и человеческой жизни или угрозы для окружающей среды,

b) или повреждению энергоустановки.

4.15.2 Водоснабжение

a) Если для работы энергоустановки на топливных элементах требуется вода, она должна подаваться путем подключения к источнику воды в месте эксплуатации в соответствии с местными условиями или из автономного источника воды; в качестве альтернативы может быть показано, что энергоустановка производит достаточное количество воды во время эксплуатации.

b) Технологическая вода не должна попадать и загрязнять местные сети подачи воды в соответствии с установленными нормативными требованиями.

c) При необходимости должны быть предусмотрены средства для предотвращения обратного тока пара в систему подготовки воды энергоустановки на топливных элементах.

4.15.3 Подача топливного газа

В случае необходимости должны предусматриваться средства для предотвращения обратного тока обработанного топливного газа и/или продувочных газов в источник подачи топлива.

4.15.4 Электрические подключения

4.15.4.1 Розетка для технического обслуживания

Розетка отбора энергии для технического обслуживания или освещения без применения средств размыкания может быть частью энергоустановки на топливных элементах при условии, что:

1) напряжение не превышает номинальное напряжение местной сети электроснабжения;

2) розетка заземлена;

3) розетка расположена таким образом, чтобы не создавать опасность при обслуживании энергоустановки на топливных элементах;

4) соответствующая маркировка, указывающая предельные значения напряжения и тока розетки, имеется вблизи розетки.

4.15.4.2 Отключение от сетевого источника электропитания

4.15.4.2.1 Блокировки

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

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

4.15.4.2.2 Устройства отключения

Должны предусматриваться устройства отключения для отключения генератора на топливных элементах от источников электропитания постоянного или переменного тока, для обслуживания квалифицированным персоналом. Средства изоляции могут располагаться либо в зоне обслуживания, либо во внешней среде относительно оборудования. Отключение должно соответствовать категории при применении по назначению. Если устройство отключения входит в состав оборудования, 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 топливных элементах устройство отключения должно входить в состав оборудования, если к оборудованию не прилагаются инструкции по монтажу, в которых указано, что соответствующее устройство отключения должно предоставляться как внешнее оборудование.

4.15.4.2.3 Части, остающиеся под напряжением

Части внутри установки, находящиеся под напряжением при состоянии устройства отключения «Выключено», должны быть защищены и промаркированы таким образом, чтобы снизить вероятность случайного контакта с ними обслуживающего персонала.

4.15.4.2.4 Работа устройства отключения

Если органы управления устройства отключения приводят в действие вертикально (не вращательно или горизонтально), то верхнее положение органов управления должно соответствовать положению «Включено».

4.15.4.2.5 Трехфазная установка

В трехфазной установке устройство отключения должно одновременно отключать все линейные проводники электропитания от сети переменного тока. Для установки, в которой требуется подключение нейтрали к системе распределения энергии, устройство отключения должно быть четырехполюсным и отключать все линейные проводники и проводник нейтрали. Если установка не снабжена таким четырехполюсным устройством, то в инструкциях по монтажу должна быть определена необходимость обеспечения такого устройства, как внешнего оборудования. Если устройство отключения размыкает проводник нейтрали, то оно должно одновременно разомкнуть все линейные проводники.

4.15.4.2.6 Однофазная установка и установка постоянного тока

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

a) если обеспечена надежная маркировка заземленного проводника сети электропитания постоянного тока или заземленной нейтрали сети электропитания переменного тока, то допускается использование однополюсного устройства отключения, которое отключает незаземленный (линейный) проводник,

b) или если не обеспечена надежная маркировка заземленного проводника в сети электропитания постоянного тока или заземленной нейтрали в сети электропитания переменного тока, а установка не снабжена двухполюсным устройством отключения, то в инструкциях по монтажу должно оговариваться, что двухполюсное устройство отключения должно предоставляться как внешнее оборудование установки.

4.15.4.3 Аварийные выключения — аварийный останов

Ручные средства аварийного выключения (т. е. команды аварийный останов), если таковые необходимы согласно анализу риска по 4.1, должны иметь легко распознаваемые, заметные органы управ-

ления с легким доступом, такие как кнопки, в соответствии с ИСО 13850. Если генератор на топливных элементах оснащен встроенным устройством единичного аварийного останова или выводами для подключения удаленного устройства аварийного останова, схема должна предотвращать дальнейшую подачу питания в любом режиме работы. Если необходимо дополнительное отключение подачи энергии при помощи электропроводки в здании, это должно быть указано в инструкциях по монтажу. Для генераторов на топливных элементах со штыревым подключением устройство аварийного отключения не требуется, если эту функцию может выполнять разъем.

4.16 Монтаж и техническое обслуживание

4.16.1 Монтаж

Изготовитель должен предоставить инструкции по правильному монтажу, наладке, эксплуатации и техническому обслуживанию энергоустановок на топливных элементах.

Ошибки, которые могут быть совершены при монтаже или повторном монтаже отдельных деталей и которые могут стать источником риска, должны быть сведены к минимуму за счет использования соответствующих конструкций таких деталей или, при невозможности это сделать, путем нанесения соответствующей информации на эти детали и/или кожухи. Такую же информацию должны наносить на подвижные части и/или их кожухи в том случае, если для исключения риска необходимо знать направление движения части. В инструкциях также должна быть предоставлена любая другая необходимая информация. В том случае, если неправильное подключение может стать источником риска, возможность неправильных подключений должна быть сведена к минимуму за счет использования соответствующей конструкции или, при невозможности это сделать, путем нанесения соответствующей информации на трубы, кабели и т. д. и/или клеммные колодки.

4.16.2 Техническое обслуживание

a) Места регулировки, смазки и обслуживания должны располагаться вне зон, в которых человек подвергается риску получения травмы или причинения вреда здоровью; в противном случае должны предоставлять инструкции по техническому обслуживанию в руководстве по техническому обслуживанию, указанному в 7.4.5, для того, чтобы избежать риска для здоровья или безопасности людей.

b) Должна обеспечиваться возможность выполнения регулировки, технического обслуживания, ремонта, чистки и операций по обслуживанию во время бездействия энергоустановки на топливных элементах. Если настройку, техническое обслуживание, ремонт, чистку и осмотр должны выполнять во время работы энергоустановки на топливных элементах, то энергоустановка на топливных элементах должна быть спроектирована таким образом, чтобы данные операции могли выполнять без риска получения травмы.

c) Компоненты автоматических энергоустановок на топливных элементах, требующие частых замен, должны демонтировать и заменять без риска получения травмы. Доступ к данным компонентам должен быть организован так, чтобы эти задачи можно было выполнять при помощи необходимых технических средств (инструментов, измерительных приборов и т. д.) в соответствии с технической документацией на изделие.

d) Если для защиты здоровья персонала инструкции или схемы по обеспечению безопасности требуется нанести на энергоустановку на топливных элементах, то способ отображения инструкций должен обеспечивать их долговечность, устойчивость к воздействию условий окружающей среды или защиту от этих условий.

5 Типовые испытания

5.1 Общие требования

Испытания на соответствие настоящему стандарту должен проходить образец, являющийся репрезентативным образцом для данного вида изделия.

Каждая новая конструкция должна проходить типовые испытания. Компоненты, входящие в состав энергоустановки, прошедшие предварительную сертификацию, не должны проходить повторные испытания, если они будут применяться в соответствии с паспортными и регистрационными требованиями.

Для того чтобы получить требуемые рабочие условия, типовые испытания должны проводить в испытательной среде, моделирующей условия, для которых спроектирована энергоустановка на топливных элементах. В частности, испытательная среда должна обеспечивать на границах интерфейсы, соответствующие предполагаемой области применения энергоустановки на топливных элементах

(см. рисунок 1). Рекомендуется проводить типовые испытания в последовательности, описанной ниже. Типовые испытания в аномальных условиях могут привести к разрушению энергоустановки.

Измерения во время испытаний должны проводить в следующих стандартных условиях:

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

5.1.1 Рабочие параметры для проведения испытаний

5.1.1.1 За исключением тех случаев, когда конкретные условия проведения испытаний указаны в другом разделе настоящего стандарта, условия проведения испытаний должны выбирать, исходя из наиболее неблагоприятного сочетания эксплуатационных технических характеристик, указанных изготовителем, и параметров, перечисленных ниже:

a) напряжение питания;

b) частота питающей сети;

c) местоположение оборудования и положение подвижных частей;

d) рабочий режим;

e) настройка термостатов, регуляторов и аналогичных устройств управления в зонах доступа конечного пользователя, которые:

1) могут регулировать без использования инструмента;

2) или могут регулировать с использованием каких-либо средств, например ключей или инструментов, которые предоставляет конечному пользователю изготовитель.

5.1.1.2 Если не указано другое в специальных требованиях, при выполнении измерений максимальные неопределенности (погрешности) не должны превышать значения, приведенные ниже:

a) атмосферное давление (Па)	(0,5 кПа);
b) давление в камере сгорания и испытательной дымовой трубе	± 5 % от полной шкалы или (50 Па);
c) давление газа (Па)	± 2 % от полной шкалы;
d) потери давления со стороны воды (Па)	± 5 %;
e) расход воды (л/ч, $м^3$/ч)	± 2 %;
f) расход газа ($м^3$/ч)	± 2 %;
g) расход воздуха ($м^3$/ч)	± 2 %;
h) время (ч)	
- для отсчетов зажигания	± 0,2 с;
- для всех прочих отсчетов	± 0,1 %;
i) электрическая энергия на собственные нужды кВт·ч или кВт	± 2 %;
j) температура: °С или К	
- окружающей среды	± 1 К;
- воды	± 2 К;
- продуктов сгорания	± 5 К;
- топливного газа	± 1 К при Т < 100 °С; ± 1 % от показания в °С: 100 ≤ Т < 300 °С; ± 5 % от показания в °С Т ≥ 300°С;
поверхности	± 5 К;
k) CO, CO_2 и O_2 для расчета потерь тепла с продуктами сгорания	± 6 % от показания;
l) теплотворная способность газа (кВт·ч/$м^3$)	± 1 %;

m) плотность газа (кг/м^3)	± 1 %;
n) масса (кг)	± 1 %;
o) крутящий момент (Н·м)	± 10 %;
p) сила (Н)	± 10 %;
q) ток (А)	± 1 %;
r) напряжение (В)	± 1 %;
s) электрическая мощность (Вт, кВт)	± 2 %.

Пределы измерений прибора выбирают с учетом максимальных ожидаемых значений.

Для определения интенсивности утечки используют метод, обеспечивающий точность измерений с ошибкой измерения при определении интенсивности утечки, не превышающей 2 % от соответствующего объема в час.

Приведенные выше неопределенности измерений относятся к отдельным измерениям. Для измерения величин, требующих сочетания отдельных измерений (например, измерение КПД), может быть использован лимит суммарной неопределенности.

5.1.1.3 Номинальное рабочее напряжение

Значения рабочих напряжений определены в технических условиях производителя.

5.2 Топливо для проведения испытаний

5.2.1 Энергоустановка на топливных элементах, предназначенная для работы на природном газе, должна проходить испытания, указанные в настоящем стандарте, с использованием газа, состав и рабочее давление которого в линии подачи соответствуют значениям для коммерчески доступного природного газа при максимальном и минимальном ожидаемом давлении газа.

Если этого требует потребитель, испытания также должны проводиться с использованием предельных значений концентрации газа:

- рабочие характеристики горелки (5.9);
- фактическое воспламенение (5.10.2.2);
- воспламенение — изменение напряжения (5.10.2.3);
- повторение цикла/восстановление искры (5.10.2.6);
- уменьшение пламени пусковой горелки (5.10.2.7);
- воспламенение с задержкой (5.10.2.8).

5.2.2 Энергоустановка на топливных элементах, предназначенная для работы со сжиженными нефтяными газами, должна проходить испытания, указанные в настоящем стандарте, с использованием газа, состав и давление подачи соответствуют этим значениям для коммерчески доступного сжиженного нефтяного газа при максимальном и минимальном ожидаемом давлении газа.

Если этого требует потребитель назначения, испытания также должны проводиться с использованием предельных концентраций газа *n*-бутан:

- рабочие характеристики горелки (5.9);
- фактическое воспламенение (5.10.2.2);
- воспламенение — изменение напряжения (5.10.2.3);
- повторный цикл/восстановление искры (5.10.2.6);
- уменьшение пламени запальной горелки (5.10.2.7);
- воспламенение с задержкой (5.10.2.8).

5.2.3 Энергоустановка на топливных элементах, предназначенная для работы с другими видами топлива, должна проходить испытания с использованием тестового топлива (топлив), состав и характеристики подачи которого являются репрезентативными для данного топлива (топлив).

Если состав топлива варьируется в определенном диапазоне, следующие испытания должны проводить при предельных значениях состава этого диапазона:

- рабочие характеристики горелки (5.9);
- фактическое воспламенение (5.10.2.2);
- воспламенение — изменение напряжения (5.10.2.3);
- повторный цикл/восстановление искры (5.10.2.6);

- уменьшение пламени запальной горелки (5.10.2.7);
- воспламенение с задержкой (5.10.2.8).

5.3 Основные условия проведения испытаний

При проведении испытаний полностью собранная энергоустановка на топливных элементах, включающая все воздушные фильтры, пусковые устройства, вентиляционные или выпускные системы и все поставляемое эксплуатационное оборудование, должна быть смонтирована и эксплуатироваться в соответствии с инструкциями изготовителя.

Если не оговорено иначе, энергоустановка на топливных элементах должна функционировать:

a) при давлении подачи, указанном в 5.2;

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

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

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

Испытания должны начинаться при достижении компонентами энергоустановки на топливных элементах теплового равновесия, если не оговорено иначе.

5.4 Испытания на герметичность

5.4.1 Общие положения

Процедуры, указанные в 5.4, должны выполняться дважды, до и после проведения всех неразрушающих испытаний, указанных в 5.7—5.21.

5.4.2 Пневматические испытания на герметичность

5.4.2.1 Общие положения

В испытуемых частях энергоустановки на топливных элементах возможная утечка во внешнюю среду не должна превышать предельных значений, указанных ниже, при проведении испытаний с использованием соответствующих газов или пара (например, номинальных рабочих газов, чистого сухого воздуха или инертного газа, указанных производителем), которые соответствуют составам, ожидаемым при работе и останове.

Перед проведением этих испытаний следует определить, какие компоненты испытывают одинаковое внутреннее давление во время нормальной работы энергоустановки на топливных элементах.

Эти компоненты должны составлять отдельный испытуемый участок, в котором должно создаваться повышенное давление и который, при необходимости, должен быть изолирован от остальной части энергоустановки на топливных элементах при помощи любых подходящих средств.

Соответствующая система нагнетания, подающая газообразную среду при давлении, необходимом для испытаний, и соответствующий расходомер, измеряющий интенсивность утечки с ошибкой измерения 2 %, должны быть подключены к входу испытуемого участка.

Расходомер должен располагаться между системой нагнетания и испытуемым участком, в котором будет повышаться давление.

Выход испытуемого участка должен быть герметизирован при помощи любых удобных средств. Все функциональные части должны находиться в открытом положении для того, чтобы все части испытуемого участка испытывали давление, необходимое при испытаниях.

Газообразная среда должна подаваться в испытуемый участок постепенно так, чтобы в течение приблизительно 1 мин достигалось постоянное избыточное давление не ниже давления, приведенного в таблице 2.

Это давление должно поддерживаться в течение времени, составляющего по меньшей мере 1 мин или более, если необходимо, в течение которого по показаниям расходомера должны регистрироваться утечки.

5.4.2.2 Метод испытаний 1

Если для компенсации последствий утечки топлива используют естественную вентиляцию, то допустимую интенсивность утечки должны определять при помощи газового детектора для того, чтобы убедиться в том, что концентрация топлива не превышает 25 % от нижнего предела воспламеняемости топлива в неклассифицированной зоне в соответствии с 4.6.

5.4.2.3 Метод испытаний 2

Если для компенсации последствий утечки топлива используют принудительную вентиляцию, допустимую интенсивность утечки определяют по формуле

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

где L — допустимая интенсивность утечки, м^3/ч, для каждой части или для всех частей соответственно;

$$R = (TGSG/FGSG)^{1/2},$$

где TGSG — относительная плотность пробного газа, а FGSG — относительная плотность топливного газа;

или

$$R = (\mu_{test}/\mu_{fuel}),$$

где μ_{test} — динамическая вязкость пробного газа; а μ_{fuel} — динамическая вязкость топливного газа.

Должно быть указано значение R, которое в результате дает наименьшую допустимую интенсивность утечки;

V — минимальная интенсивность вентиляции, м^3/ч, воздуха.

Поправочный коэффициент можно использовать в том случае, когда используется топливный газ с концентрацией горючих компонентов менее 100 %.

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

где C — концентрация горючих газов.

Таблица 2 — Условия испытаний на герметичность [a, d, e]

Вид опасности	Тип испытаний	Расчетные условия	Параметры испытаний	Критерии успешного/неуспешного прохождения испытаний
Огнеопасное вещество	Гидростатические[b]	Любое давление	В 1,5 раза выше расчетного давления	Нет утечки по 5.4.3
	Пневматические[c]	Любое давление	В 1,1 раза выше расчетного давления	Отсутствуют пузырьки при использовании промышленной жидкости для определения утечки
				5.4.2.2 Метод испытаний 1
				5.4.2.3 Метод испытаний 2
Токсичное вещество (например, оксида углерода)	Гидростатические[b]	≥ 100 кПа	В 1,5 раза выше расчетного давления	Нет утечки по 5.4.3
		< 100 кПа	Расчетное давление	Нет утечки по 5.4.3
	Пневматические[c]	Любое давление	В 1,1 раза выше расчетного давления	Отсутствуют пузырьки при использовании промышленной жидкости для определения утечки
				5.4.2.2 Метод испытаний 1
				5.4.2.3 Метод испытаний 2
				Допустимые утечки в соответствии с 5.20
Опасность термического ожога	Газ (например, воздух и отработавший газ)	≥ 300 °С	Во время работы энергоустановки на топливных элементах	Температура окружающей среды вблизи системы трубопроводов и изоляции труб не должна превышать 300 °С. Могут проводиться одновременно с испытаниями по 5.13
		< 300 °С	Нет требований	Нет требований

Окончание таблицы 2

Вид опасности	Тип испытаний	Расчетные условия	Параметры испытаний	Критерии успешного/неуспешного прохождения испытаний
	Жидкость (например, хладагенты)	≥ 1,1 МПа или ≥ 120 °С	В 1,5 раза выше расчетного давления для гидростатических испытаний	Нет утечки по 5.4.3
			В 1,1 раза выше расчетного давления для пневматических испытаний	Отсутствуют пузырьки при использовании промышленной жидкости для определения утечки
		< 1,1 МПа и < 120 °С	Расчетное давление для гидростатических испытаний	Нет утечки по 5.4.3
			Расчетное давление для пневматических испытаний	Отсутствуют пузырьки при использовании промышленной жидкости для определения утечки

[a] Испытательное давление в любой точке системы трубопроводов не должно превышать максимально допустимое испытательное давление любых неизолированных компонентов, таких как резервуары, насосы или клапаны. Это давление должны непрерывно поддерживать в течение не менее 10 мин, а затем может быть снижено до величины расчетного давления и поддерживаться в течение времени, которое может потребоваться для проверки наличия утечек.

[b] Могут использоваться пневматические испытания при условии совместимости компонентов и получении согласия от органа, занимающегося сертификацией продукции.

[c] Могут использоваться гидростатические испытания при условии совместимости компонентов и получении согласия от органа, занимающегося сертификацией продукции.

[d] Расчетное давление — наибольшее давление, которое может достигаться в любом из режимов работы, включая стационарный режим и переходные процессы.

[e] Если испытываются отдельные участки энергоустановки, суммарные утечки всех участков не должны превышать требования по интенсивности утечек, указанные в этой таблице.

5.4.3 Гидростатические испытания на герметичность

Части энергоустановки на топливных элементах, проходящие эти испытания, не должны иметь утечки во внешнюю среду.

Для проведения испытаний должна использоваться рабочая жидкость. Если изготовитель считает нецелесообразным проведение испытаний с использованием рабочей жидкости, то тогда в качестве жидкости для проведения испытаний должна использоваться вода. Если существует возможность повреждения энергоустановки из-за замерзания или неблагоприятного воздействия воды на систему трубопроводов, то может использоваться другая подходящая нетоксичная жидкость.

Если эта жидкость является горючей, то температура воспламенения такой жидкости должна быть не ниже 50 °С, при этом должны учитывать условия испытаний. Давление при гидростатических испытаниях должно быть не меньше давления, указанного в таблице 2.

Все внешние поверхности компонентов, транспортирующих жидкости, должны быть видимыми для проверки наличия утечки. Если невозможно обеспечить видимость определенных компонентов, то должны быть приняты меры для улавливания и направления течи в зону видимости. Если течь не может быть направлена в зону видимости, то изготовитель должен разработать другой способ проверки наличия утечки.

Перед проведением испытаний следует определить, какие компоненты, транспортирующие жидкости, испытывают одинаковое внутреннее давление во время нормальной работы энергоустановки на топливных элементах. Эти компоненты должны составлять отдельный испытуемый участок, в котором затем должно повышаться давление и который, при необходимости, должен изолироваться от остальной части энергоустановки при помощи любых подходящих средств.

Испытуемое устройство должно быть заполнено жидкостью и подключено к соответствующей гидравлической системе, включающей устройство для измерения давления и способной поддерживать

необходимое испытательное давление. Следует помнить о необходимости вывода воздуха из испытуемого участка во время его заполнения жидкостью.

Испытательное давление должно постепенно повышаться до достижения постоянного избыточного давления. Данная величина давления должна поддерживаться в течение по меньшей мере 10 мин или более, если необходимо, для выполнения проверки наличия утечек, при этом проводят осмотр всех внешних поверхностей установки на наличие признаков утечек. Если используют систему перенаправления утечек, испытательное давление должны поддерживать в течение не менее 3 ч. Наличие утечки жидкости не допускается. Любое видимое свидетельство утечки является свидетельством того, что испытания неудачные.

5.5 Испытания на прочность

5.5.1 Общие положения

Любой сертифицированный компонент, имеющий номинальное давление не ниже расчетного давления энергоустановки, должен соответствовать положениям данного пункта.

5.5.2 Пневматические испытания на прочность

Части энергоустановки на топливных элементах, проходящие испытания, должны выдерживать их без разрывов, трещин, деформации или других признаков физических повреждений при условии использования соответствующих газов или пара (например, рабочих газов, чистого сухого воздуха или инертного газа, указанных производителем), которые соответствуют составам, ожидаемым при работе и останове.

Перед проведением испытаний должны быть определены компоненты, которые испытывают одинаковое внутреннее давление во время нормальной работы энергоустановки на топливных элементах. Эти компоненты должны составлять отдельный испытуемый участок, в котором затем должно создаваться повышенное давление и который, при необходимости, должен быть изолирован от остальной части энергоустановки на топливных элементах при помощи подходящих технических средств.

Соответствующая система поддержания давления, которая может подавать газообразную среду при необходимом испытательном давлении, должна быть подключена ко входу испытуемого участка. Все функциональные компоненты должны находиться в открытом положении для того, чтобы необходимое испытательное давление воздействовало на все компоненты испытуемого участка.

Газовая среда должна постепенно подаваться в испытуемый участок таким образом, чтобы в течение приблизительно 1 мин достигалось постоянное избыточное давление не ниже значения давления, указанного в таблице 3. Это значение давления должно поддерживаться в течение по меньшей мере 1 мин или более. После этого давление должно снижаться до расчетного давления испытуемой установки. Условия приемки должны определять согласно таблице 3.

Таблица 3 — Условия испытаний на прочность [a, d]

Вид опасности	Тип испытаний	Расчетные условия	Параметры испытаний	Критерии успешного/неуспешного прохождения испытаний
Огнеопасное вещество	Гидростатические[b]	Любое давление	В 1,5 раза выше расчетного давления	Отсутствуют разрывы, трещины, деформации и прочие физические повреждения
	Пневматические[c]	≥ 13 кПа	В 1,3 раза выше расчетного давления	Отсутствуют разрывы, трещины, деформации и прочие физические повреждения
		> 3,5 кПа, но < 13 кПа (за исключением > 5,5 кПа, но < 13 кПа для батареи)	17 кПа	Отсутствуют разрывы, трещины, деформации и прочие физические повреждения
		≤ 3,5 кПа (за исключением 5,5 кПа для батареи)	В 5 раз выше расчетного давления (исключение: в 3 раза выше для батареи)	Отсутствуют разрывы, трещины, деформации и прочие физические повреждения

Окончание таблицы 3

Вид опасности	Тип испытаний	Расчетные условия	Параметры испытаний	Критерии успешного/неуспешного прохождения испытаний
Газ под давлением или горячий газ (например, воздух или удушливый газ)	Гидростатические[b]	≥ 100 кПа или ≥ 300 °С	В 1,3 раза выше расчетного давления	Отсутствуют разрывы, трещины, деформации и прочие физические повреждения
		< 100 кПа и < 300 °С	Нет требований	Нет требований
	Пневматические[c]	≥ 100 кПа или ≥ 300°С	В 1,3 раза выше расчетного давления	Отсутствуют разрывы, трещины, деформации и прочие физические повреждения
		< 100 кПа и < 300 °С	Нет требований	Нет требований
Жидкость под давлением (например, вода, пар, гликоль)	Гидростатические[b]	≥ 1,1 МПа или ≥ 120 °С	В 1,5 раза выше расчетного давления	Отсутствуют разрывы, трещины, деформации и прочие физические повреждения
		< 1,1 МПа и < 120 °С	Нет требований	Нет требований
	Пневматические[c]	≥ 1,1 МПа или ≥ 120 °С	В 1,3 раза выше расчетного давления	Отсутствуют разрывы, трещины, деформации и прочие физические повреждения
		< 1,1 МПа и < 120 °С	Нет требований	Нет требований

[a] Давление при испытаниях в любой точке системы трубопроводов не должно превышать максимально допустимое испытательное давление любых неизолированных компонентов, таких как резервуары, насосы или клапаны. Это давление должно поддерживаться непрерывно в течение не менее 10 мин, а затем может быть снижено до величины расчетного давления и поддерживаться в течение времени, которое может потребоваться для проведения проверки наличия утечек.

[b] Могут использоваться пневматические испытания при условии совместимости компонентов и получении согласия от органа, занимающегося сертификацией продукции.

[c] Могут использоваться гидростатические испытания при условии совместимости компонентов и получении согласия от органа, занимающегося сертификацией продукции.

[d] Расчетное давление — наибольшее давление, которое может достигаться в любом из режимов работы, включая стационарный и переходные режимы.

5.5.3 Гидростатические испытания на прочность

Части энергоустановки на топливных элементах, проходящие испытания, должны выдерживать эти испытания без разрывов, трещин, деформации или других признаков физических повреждений при использовании соответствующей испытательной жидкости.

Для проведения испытаний должны использовать штатную жидкость. Если изготовитель считает нецелесообразным проведение испытаний с использованием штатной жидкости, то тогда в качестве жидкости для проведения испытаний должна быть использована вода. Если существует возможность повреждения энергоустановки из-за замерзания или неблагоприятного воздействия воды на систему трубопроводов, то можно использовать другую подходящую нетоксичную жидкость. Если эта жидкость является горючей, то температура воспламенения такой жидкости должна быть не ниже 50 °С, при этом должны учитывать условия испытаний.

Перед проведением испытаний должны быть определены компоненты, которые испытывают одинаковое внутреннее давление во время нормальной работы энергоустановки на топливных элементах. Эти компоненты должны составлять отдельный испытуемый участок, в котором затем должно быть создано повышенное давление и который, при необходимости, должен быть изолирован от остальной части энергоустановки на топливных элементах при помощи любых подходящих средств.

Испытуемое устройство должно быть заполнено жидкостью и подключено к соответствующей гидравлической системе, включающей устройство для измерения давления и способной поддерживать

необходимое испытательное давление. Следует помнить о необходимости вывода воздуха из испытуемого участка во время его заполнения жидкостью.

Испытательное давление должно постепенно повышаться до достижения постоянного избыточного давления не ниже величины давления, указанной в таблице 3. Данное давление затем должны поддерживать в течение по меньшей мере 1 мин.

Условия приемки должны определять согласно таблице 3.

5.6 Типовые испытания нормальной работы

Проверка паспортных данных с использованием методик, приведенных в МЭК 62282-3-200.

5.7 Испытания на электрическую перегрузку

Энергоустановка на топливных элементах должна выдерживать электрическую перегрузку. В том случае если изготовитель допускает в течение определенного периода времени более высокий выходной ток, чем номинальный ток, то энергоустановка на топливных элементах должна при номинальном значении тока выйти на установившийся тепловой режим, затем выходной ток должен быть повышен до заданного значения и поддерживаться на этом уровне в течение установленного периода времени, при этом значение тока и время указывает производитель.

Должны быть исключены возможные риски, связанные с воспламенением, ударом, разрушением, разрывом, остаточной деформацией или иными физическими повреждениями энергоустановки.

Если изготовитель не допускает повышенное значение тока в условиях эксплуатации, то данные испытания не должны проводить.

5.8 Параметры останова

Должны быть предусмотрены средства для автоматического останова соответствующей системы энергоустановки на топливных элементах для любой серьезной аномалии, прогнозируемой анализом риска, описанного в 4.1.

Соответствие требованиям данного подраздела должно быть установлено для каждой аномалии с использованием процедуры модельных испытаний или при получении подтверждения от производителя, причем каждый из этих способов подтверждает, что необходимое действие будет произведено.

5.9 Проверки рабочих характеристик горелки

5.9.1 Общие положения

Процедуры, описанные в данном пункте, применяют к энергоустановкам на топливных элементах, которые оснащены горелкой, предназначенной, например, для секции риформера, и должны быть выполнены во время пуска горелки и сразу после установления стационарных рабочих условий:

a) при испытательном давлении и с использованием испытательных газов, указанных в 5.2;

b) при максимальном и минимальном давлениях в линии подачи топлива, установленных производителем, если эти давления отличаются от давлений, определенных в 5.9.1 a);

c) во время работы при напряжении, составляющем 85 % и 110 % от номинального входного напряжения. При обеспечении защиты от колебаний напряжения в пределах указанного диапазона энергоустановку должны испытывать при установленных предельных значениях. Кроме того, защиту от колебаний напряжения должны проверять в соответствии с 5.8.

5.9.2 Общие испытания

Автоматическая система управления горелкой должна вызывать воспламенение топлива в горелке сразу после того, как топливо достигает выходного(ых) отверстия(й) горелки. Запальная горелка непрерывного действия, если она используется, не должна гаснуть при положениях подачи топливного газа в горелку «Включено» и «Выключено».

Данное условие не относится к запальной горелке периодического действия и запальной горелке кратковременного действия, если подача топлива в горелку находится в положении «Выключено».

Во время проведения этих испытаний должно быть подтверждено, что:

a) воспламенение топлива в горелке происходит без задержки, проскока пламени, чрезмерного шума или повреждения оборудования;

b) пламя горелки гаснет без проскока пламени и чрезмерного шума;

c) пламя горелки не выходит за пределы камеры сгорания;

d) в горелке не осаждается углерод;

e) не происходит утечки газа или обратного течения газа в канал первичного воздуха горелки.

5.9.3 Испытания с предельными параметрами

Испытания проводят без изменения настройки горелки и запальной горелки. Давление топлива на входе настраивается на значение, указанное в паспортных данных, и понижается до минимального давления подачи, указанного в паспортных данных, относительно нормального давления. Эти испытания проводят при минимальной и максимальной длине выпускной системы или минимальном и максимальном противодавлении, зависящем от длины выпускной системы. В этих условиях проводят проверку безопасности работы горелки и уровня выбросов оксида углерода, который должен оставаться ниже уровня, указанного в 4.4.13. Данное испытание повторяют при минимальном подводе тепла, допускаемом средствами управления, если воспламенение при таких условиях возможно.

5.10 Автоматическое управление горелками и реакторами каталитического окисления

5.10.1 Общие положения

Описанные процедуры связаны с пуском всех устройств, предназначенных для реализации управляемой реакции окисления, например горения (пусковая горелка риформера), каталитического частичного окисления и каталитического горения. Изготовитель может выбрать проведение испытаний на воспламенение (5.10.2.4—5.10.2.8) с использованием подсборки энергоустановки на топливных элементах, а не полностью собранной установки при условии, что данная подсборка будет содержать все детали (например, воспламенитель и основную горелку, базовую опору воспламенителя, определенную изготовителем, камеру сгорания и, если необходимо, дутьевой/вытяжной вентилятор, предназначенный для камеры сгорания), которые могут повлиять на результаты испытаний.

Примечание — Данный пункт также применяется к каталитическому реактору отработавших анодных газов.

5.10.2 Горелки с автоматическим управлением зажиганием

5.10.2.1 Общие положения

Блок автоматического управления зажиганием горелок энергоустановки на топливных элементах должен проходить следующие испытания.

5.10.2.2 Фактическое воспламенение

Это испытание проводят при минимальной и максимальной длине выпускной системы или минимальном и максимальном противодавлении, зависящем от длины выпускной системы. Воспламенитель должен зажигать топливо в основной горелке сразу после того, как топливо достигнет выходов отверстий основной горелки. Поддерживая напряжение энергоустановки на топливных элементах на номинальном уровне, необходимо привести в действие воспламенитель и следить за процессом воспламенения. Пламя не должно выходить за пределы энергоустановки на топливных элементах и приводить к возникновению каких-либо повреждений энергоустановки на топливных элементах. Должны быть выполнены три попытки зажигания, и в каждом случае воспламенение должно происходить сразу после того, как топливо достигнет выходов отверстий основной горелки.

5.10.2.3 Воспламенение — варьирование напряжения

5.10.2.3.1 Общие положения

Это испытание проводят при минимальной и максимальной длине выпускной системы или минимальном и максимальном противодавлении, зависящем от ее длины.

5.10.2.3.2 Пониженное напряжение

Напряжение в энергоустановке на топливных элементах должно быть настроено на 85 % от номинального напряжения, указанного в технической документации, или, в том случае если энергоустановка на топливных элементах имеет защиту от колебания напряжения, на наименьшее напряжение, допускаемое данным устройством защиты, но не ниже 85 % от номинального напряжения. В этих условиях воспламенитель должен зажечь топливо основной горелки в течение периода установления пламени в основной горелке. Пламя не должно выходить за пределы энергоустановки на топливных элементах и приводить к возникновению каких-либо повреждений. Должно быть выполнено достаточное количество попыток воспламенения, и в каждом случае воспламенение должно происходить в течение указанного периода времени.

5.10.2.3.3 Повышенное напряжение

Напряжение в энергоустановке на топливных элементах должно быть настроено на значение, равное 110 % от номинального напряжения, указанного в паспорте, или, в том случае если энергоустановка на топливных элементах имеет защиту от колебания напряжения, на большее напряжение, допускаемое данным устройством защиты, но не более 110 % от паспортных данных. В этих условиях

воспламенитель должен зажигать топливо основной горелки в течение периода установления пламени в основной горелке. Пламя не должно выходить за пределы энергоустановки на топливных элементах и приводить к возникновению каких-либо повреждений. Должно быть выполнено достаточное количество попыток зажигания, и в каждом случае воспламенение должно происходить в течение указанного периода времени.

5.10.2.4 Период установления пламени

Проверку периода установления пламени должны проводить во время работы энергоустановки на топливных элементах, как указано в 5.3. Период времени с момента подачи потока 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 пламени в соответствии с 4.6.2.

5.10.2.5 Время блокировки при погасании пламени

Энергоустановка на топливных элементах должна работать при номинальном расходе топлива до тех пор, пока не будет достигнуто тепловое равновесие. Время блокировки при погасании пламени измеряют начиная с момента, когда запальная горелка (если предусмотрена) и основная горелка намеренно гасятся путем перекрытия подачи топлива и до момента, когда после восстановления подачи топлива подача прекращается при срабатывании устройства защиты. Устройство защиты должно обесточить все топливные запорные клапаны в течение времени блокировки при погасании пламени в соответствии с 4.6.2. При горящем пламени горелки погасание пламени моделируют путем отключения датчика пламени и измеряют время начиная с этого момента и до момента времени, когда устройство контроля пламени перекрывает подачу топлива. При проведении этих испытаний должно быть использовано максимальное время блокировки при погасании пламени, указанное изготовителем.

5.10.2.6 Повторный цикл/восстановление искры

При выполнении повторного цикла системы автоматического управления горелкой должны проверять время повторного цикла, используя энергоустановку на топливных элементах, потребление топлива которой установлено на номинальное значение.

Когда происходит восстановление искры, необходимо удостовериться в том, что после погасания пламени воспламенитель производит воспламенение топлива в течение периода установления пламени.

Пламя не должно выходить за пределы энергоустановки на топливных элементах и приводить к возникновению каких-либо повреждений энергоустановки на топливных элементах. При горящем пламени горелки погасание пламени моделируют путем отключения датчика пламени.

Необходимо следить за временем, которое проходит между пропаданием пламени, и моментом, когда детектор пламени срабатывает на отключение подачи топлива, а также временем, начиная с момента отключения подачи топлива до момента, когда воспламенитель включается повторно. Для проведения этих испытаний должно быть использовано максимальное время блокировки при погасании пламени и минимальное время повторного цикла, указанные изготовителем.

5.10.2.7 Уменьшение пламени запальной горелки

Это испытание проводят при минимальной и максимальной длине выпускной системы или минимальном и максимальном противодавлении, зависящем от ее длины.

Запальная горелка, если таковая предусмотрена, должна осуществлять безопасное воспламенение топлива в основной горелке, когда подача топлива в запальную горелку снижена до минимального уровня, достаточного для поддержания защитного отсечного клапана в открытом положении или для недопущения погасания пламени в зависимости от того, в каком из этих случаев расход топлива запальной горелки выше. Пламя не должно выходить за пределы энергоустановки на топливных элементах и приводить к возникновению каких-либо повреждений.

Для проведения этих испытаний должно быть использовано максимальное время блокировки при погасании пламени, указанное изготовителем. Данные испытания должны проводить как при холодном запуске, так и сразу после отключения энергоустановки на топливных элементах после достижения состояния равновесия.

5.10.2.8 Воспламенение с задержкой

Это испытание проводят при минимальной и максимальной длине выпускной системы или минимальном и максимальном противодавлении, зависящем от ее длины.

Для энергоустановки на топливных элементах, в которой предусмотрено воспламенение пламени основной горелки непосредственно при помощи электрического воспламенителя, задержка воспламенения топлива не должна приводить к проскоку пламени за пределы энергоустановки на топливных элементах или к возникновению каких-либо повреждений установки и подключенной к ней выпускной

системы. Для этого испытания необходимо использовать максимальный период проверки воспламенения, определенный изготовителем для автоматической системы управления горелкой. Для энергоустановок, в которых воспламенитель отключается до завершения периода проверки воспламенения, испытания должны проводить с использованием максимальной настройки периода активации воспламенения, указанной изготовителем.

Энергоустановка на топливных элементах, предназначенных для работы при комнатной температуре, должна приводиться в действие при нормальном темпе подвода тепла, при этом средства воспламенения временно настраивают на различные интервалы времени, включая максимальный период проверки воспламенения, указанный изготовителем, или максимальный период активации воспламенения в зависимости от того, какой из этих периодов короче. Для установок, предусматривающих многократные попытки зажигания, такие попытки должны выполнять при различных интервалах времени для каждой проверки в течение периода воспламенения, и в любой момент средства зажигания активируются при выполнении всей последовательности действий, включая блокировку. Контроль за зажиганием основной горелки должны осуществлять при каждой проверке. Пламя не должно выходить за пределы энергоустановки на топливных элементах и приводить к возникновению каких-либо повреждений энергоустановки.

Испытания на воспламенение с задержкой также используют для подтверждения соответствия периода установления пламени величине, указанной изготовителем.

5.10.2.9 Проверка температур компонентов автоматической системы управления горелкой

Термопары или равноценные устройства измерения температуры должны быть соответствующим образом прикреплены к компонентам автоматической системы управления горелкой. Энергоустановка на топливных элементах должна работать при номинальном потреблении топлива до достижении состояния теплового равновесия.

Затем должны быть измерены температуры компонентов. Полученные при измерениях температуры не должны превышать значения температур, указанные изготовителями компонентов.

5.10.2.10 Предварительная продувка

Эти испытания применяют к энергоустановкам, которым необходима продувка в соответствии с 4.6.2 q).

В соответствии с вариантом, выбранным изготовителем, определяется объем предварительной продувки или время предварительной продувки следующим образом.

a) Объем предварительной продувки

1) Измеряется расход на выходе канала вывода продуктов сгорания при температуре окружающей среды (измеряется как номинальный расход).

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

3) Расход, измеренный с предельной ошибкой измерения ± 5 %, корректируется для стандартных условий.

4) Изготовитель указывает объем тракта сгорания.

b) Время предварительной продувки

1) Энергоустановка находится при температуре окружающей среды и не работает.

2) Определяется время между пуском вентилятора и подачей питания на запальное устройство.

5.10.3 Автоматическое управление реакторами каталитического окисления

a) Время между подачей топлива и подтверждением инициирования реакции не должно превышать время инициирования реакции в соответствии с 4.6.3 e).

Метод испытаний. Энергоустановка на топливных элементах должна работать в режиме, указанном изготовителем, до достижения условий для инициирования реакции. Затем должна быть открыта подача топлива при работе с избытком воздуха или подача воздуха при работе с избытком топлива. Отсчет времени отклика энергоустановки должен начинаться с этого момента времени и заканчиваться при получении сигнала от устройств контроля работы реактора, указанных изготовителем, о том, что реакция успешно инициирована. Время инициирования реакции не должно превышать значение, указанное в 4.6.3 e).

b) В случае затухания реакции или снижения либо повышения скорости реакции до опасных уровней основное устройство безопасности должно обесточить предохранительный запорный клапан топлива при работе с избытком воздуха либо предохранительный запорный клапан воздуха при работе с избытком топлива, за которым должно следовать обесточивание предохранительного запорного клапана топлива в пределах времени блокировки при прекращении реакции в соответствии с 4.6.3 g).

Метод испытаний. Энергоустановка на топливных элементах должна работать в соответствии с 5.3 до достижения состояния теплового равновесия. Затем подача топлива при работе с избытком воздуха или подача воздуха при работе с избытком топлива должна быть прекращена. При зажженном каталитическом реакторе прекращение реакции моделируют путем отключения устройства, контролирующего температуру реакции. Время, измеренное начиная с этого момента и до момента, когда средства управления энергоустановки перекрывают подачу топлива при работе с избытком воздуха топлива или подачу всех реагентов при работе с избытком топлива, не должно превышать время блокировки при прекращении реакции в соответствии с 4.6.3.

5.11 Проверка температуры выхлопных газов

Если в энергоустановке на топливных элементах предусмотрена выпускная система, максимальная температура выхлопных газов, перемещаемых по этой выпускной системе, не должна превышать температур, допустимых для материалов, которые используют при изготовлении этой выпускной системы.

Метод испытаний. Температуру выхлопных газов должны измерять при помощи термопары или аналогичных устройств. Должно быть использовано достаточное количество измерительных приборов для определения максимальной температуры внутри потоков выхлопных газов, с учетом размера и симметрии выпускной системы.

Энергоустановка на топливных элементах должна быть смонтирована и функционировать в соответствии с применимыми положениями 5.3. При достижении состояния равновесия должна быть определена максимальная температура выхлопных газов, как указано выше. Полученная температура не должна превышать температуру, допустимую для материала выпускной системы.

5.12 Температуры поверхностей и компонентов

a) Энергоустановка на топливных элементах должна быть смонтирована и функционировать в соответствии с 5.3. При достижении состояния теплового равновесия значения температур должны определять при помощи любых средств для измерения температуры.

1) Максимальная температура любой поверхности, к которой может прикоснуться работник, выполняющий текущее техническое обслуживание во время работы энергоустановки на топливных элементах, не должна превышать предельных значений, указанных в 4.4.11.

2) Максимальная температура любой другой поверхности, которая может ненамеренно подвергнуться воздействию воспламеняющихся газов или паров, должна соответствовать требованиям, указанным в 4.6.1 e).

3) Максимальная температура компонентов установки не должна превышать температур, на которые рассчитаны компоненты.

b) Температуры стен, пола и потолка

1) Эти испытания предназначены только для энергоустановок на топливных элементах, которые либо имеют температуры поверхности кожуха, превышающие требования 4.4.11, предназначенные для монтажа на или вблизи горючих поверхностей, либо их конструкция позволяет излучать тепло на внешнюю поверхность.

2) Энергоустановку на топливных элементах размещают на испытательных панелях, изготовленных из дерева.

3) Изготовитель должен указать расстояние между энергоустановкой на топливных элементах и задними и боковыми стенами и потолком (а также дверью, если используется), образованными испытательными панелями.

4) Энергоустановку на топливных элементах размещают на испытательных панелях, имеющих следующие характеристики.

5) Для испытательных панелей используется фанера матово-черного цвета толщиной приблизительно 20 мм.

6) Повышение температуры определяется при помощи термопар.

7) Термопары, которые используют для определения подъема температуры поверхности стенок, потолка и пола испытательного участка, крепят к тыльной части небольших черных дисков из меди или латуни. Лицевая поверхность диска находится заподлицо с поверхностью панелей.

8) При возможности энергоустановку на топливных элементах располагают таким образом, чтобы термопары определяли максимальные температуры.

9) Энергоустановка на топливных элементах должна работать при максимальной выходной мощности. После достижения равновесных температур необходимо измерить температуру испытательных панелей и проверить на соответствие требованиям 4.4.11.

5.13 Испытания на воздействие ветра

5.13.1 Общие требования

Испытания на воздействие ветра применяются только к энергоустановкам на топливных элементах, предназначенных для установки вне помещения, или к энергоустановкам, устанавливаемым внутри помещений и имеющих горизонтально расположенные каналы для впуска воздуха и выпуска выхлопных газов наружу.

Эти испытания проводятся при минимальной и максимальной длине выпускной системы или минимальном и максимальном противодавления, зависящего от длины выпускной системы.

5.13.2 Процедура калибровки источника ветра для ветров, направленных перпендикулярно стене

Конструкция для калибровки источника ветра должна состоять из носителя источника ветра, направленного перпендикулярно к центру испытательной стены, имеющей четыре отверстия, расположенных вокруг выпускного патрубка, который расположен в центре испытательной стены в соответствии с инструкциями по монтажу, предоставленными изготовителем (см. рисунок 2). На рисунке 2 показаны точки, обозначающие отверстия для приема статического давления, расположенные на расстоянии 305 мм (1 фут) по горизонтали и вертикали от краев выпускного патрубка.

Патрубок расположен в центре испытательной стены в соответствии с инструкциями по монтажу, предоставленными изготовителем.

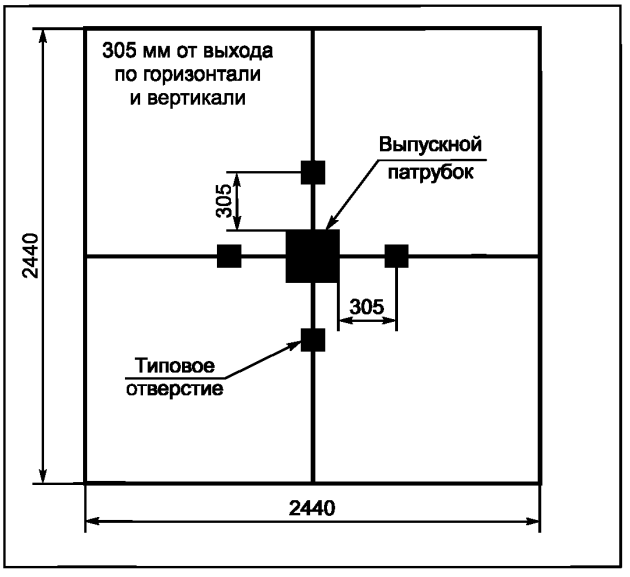


Рисунок 2 — Испытательная стена с указанием местоположений отверстий приема статического давления и выпускным патрубком

Отверстия должны быть объединены в единую систему для получения показания среднего статического давления. При направленном на стену источнике ветра среднее статическое давление, измеренное манометром относительно входного отверстия технологического воздуха энергоустановки на топливных элементах, должно создавать основу для калибровки источника ветра с использованием данных, приведенных в таблице 4.

Таблица 4 — Калибровка потока воздуха

Номинальная скорость, км/ч	Среднее статическое давление, Па
16	10
54	116

Кроме того, источник ветра, откалиброванный на 54 км/ч, не должен создавать скоростной напор, превышающий 12 Па (16 км/ч), в точках, находящихся на расстояниях 305 мм на перпендикулярах к стене, проходящих через центры отверстий.

5.13.3 Проверка работы энергоустановок на топливных элементах, устанавливаемых вне помещения, в условиях ветра

Указанные процедуры относятся только к энергоустановкам на топливных элементах, предназначенным для установки вне помещения или компонентам энергоустановок на топливных элементах, предназначенных для установки вне помещения.

Кожух энергоустановки на топливных элементах, предназначенный для установки вне помещения, или оболочки компонентов энергоустановок на топливных элементах, предназначенных для установки вне помещения, должны проходить испытания на действие ветра с использованием следующей методики.

Методика испытаний. Энергоустановка на топливных элементах должна запускаться и нормально работать без повреждений или неисправностей каких-либо частей, не создавая опасные состояния при воздействии ветра с номинальной скоростью от 9 до 54 км/ч включительно.

Воздушный поток, создаваемый вентилятором/нагнетателем, имеющим производительность, достаточную для создания скорости потока от 9 до 54 км/ч включительно, должен направляться к внешней поверхности энергоустановки на топливных элементах в точках, которые организация, проводящая испытания, считает наиболее важными.

Вентилятор/нагнетатель должен быть расположен таким образом, чтобы однородный поток, охватывающий всю расчетную площадь внешней поверхности, был направлен горизонтально по направлению к энергоустановке на топливных элементах при заданной величине скорости, измеренной в вертикальной плоскости на расстоянии 50 см от наветренной поверхности энергоустановки на топливных элементах.

При воздействии на энергоустановку на топливных элементах ветра, имеющего номинальную скорость 16 км/ч, запальная горелка, при ее наличии, должна зажигаться.

При воздействии на энергоустановку на топливных элементах ветра, имеющего номинальную скорость 54 км/ч, газ горелки должен воспламеняться от запального устройства без чрезмерной задержки, а пламя горелки и воспламенителя не должно гаснуть. Запальная горелка, при ее наличии, должна работать как отдельно, так и одновременно с горелкой.

При воздействии на водородную энергоустановку на топливных элементах ветра, имеющего номинальную скорость 54 км/ч, отработавший анодный газ должен окисляться в камере сгорания без чрезмерной задержки, реакция окисления в камере сгорания не должна прекращаться.

По усмотрению организации, проводящей оценку соответствия изделия, могут проводить дополнительные испытания с использованием потоков воздуха с указанными и иными значениями скорости, направляемых в различных направлениях.

5.13.4 Проверка работы энергоустановок на топливных элементах, устанавливаемых внутри помещения, сообщающихся с атмосферой горизонтально через внешнюю стену

Метод испытаний. Эти испытания должны проводить при нормальном испытательном давлении на входе.

а) Энергоустановка на топливных элементах должна соответствовать требованиям 4.5.3 j) при проведении испытаний с использованием любых направлений ветра, кроме направления, перпендикулярного стене, за исключением того, что воздушный поток, производимый источником ветра, должен иметь номинальную скорость 54 км/ч (134,5 Па — скоростной напор свободного потока), измеренную в потоке, параллельном стене, при помощи трубки Пито в трех точках, расположенных на плоскости, перпендикулярной 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 3).

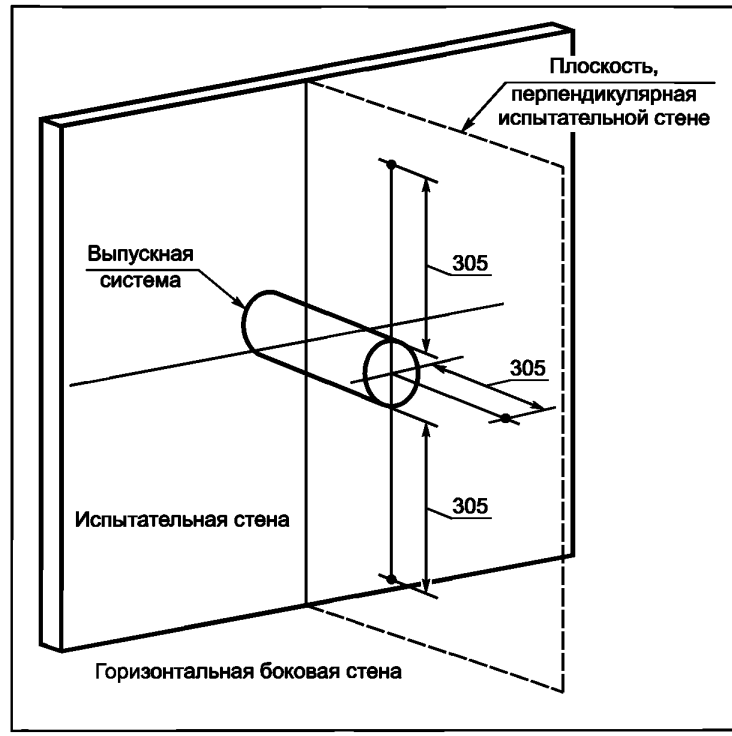


Рисунок 3 — Стена для проверки выпуска газов

После калибровки источника ветра, параллельного стене, источник ветра или испытательная стена должны поворачиваться, чтобы направлять поток воздуха под другими углами по выбору организации, проводящей испытания.

b) Энергоустановка на топливных элементах должна соответствовать требованиям 4.5.3 j). Для ветра, направленного перпендикулярно стене, должен применяться любой из следующих методов.

1) Данный метод испытаний должен применяться при максимальной заданной длине выпускного канала. Демонтируйте оконечную часть горизонтального выпускного канала в случае, если оконечная часть используется. Установите пьезокольцо на выпускную трубу на расстоянии 305 мм от выхода горизонтального выпускного канала (см. рисунок 4).

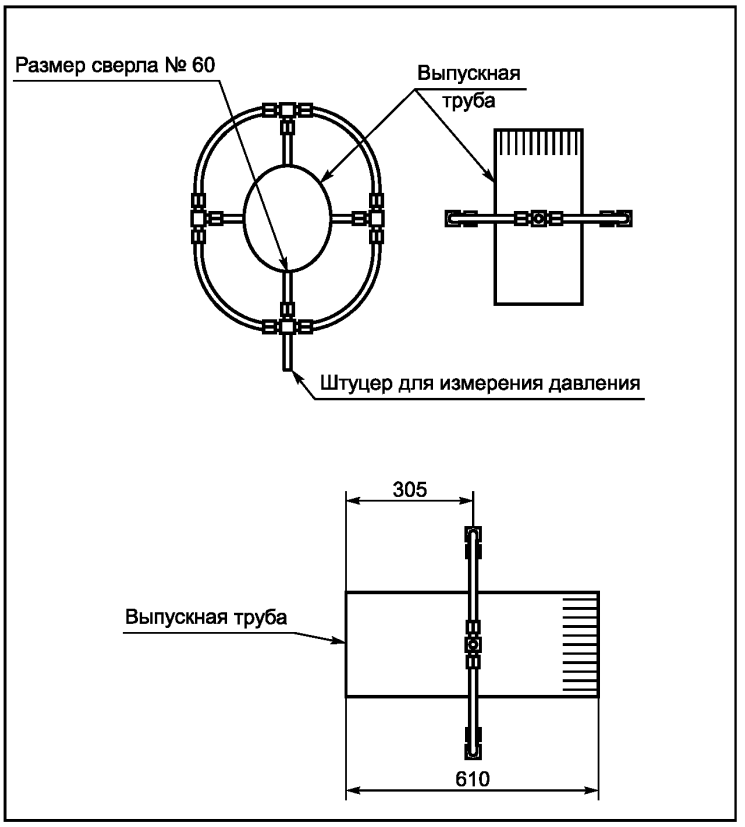


Рисунок 4 — Пьезокольцо и детали конструкции

Необходимо присоединить пьезокольцо к дифференциальному манометру, который может измерять давление в диапазоне до 1,24 Па. Подключение опорного давления манометра должно выполняться в точке, расположенной рядом с отверстием подачи воздуха для сгорания. Производится пуск энергоустановки на топливных элементах. Необходимо сужать сечение конца выпускного канала до тех пор, пока давление в пьезокольце не достигнет 116 Па. Следует остановить работу энергоустановки на топливных элементах. Включить подачу газа в энергоустановку на топливных элементах. При суженном положении конца выпускного канала необходимо выполнить холодный пуск энергоустановки на топливных элементах. В указанных условиях не должен происходить останов энергоустановки на топливных элементах. После достижения установившегося состояния повторно требуется отрегулировать сужение сечения конца выпускного канала для поддержания давления 116 Па. При работе в этих условиях энергоустановка на топливных элементах не должна прекращать работу в течение 10 мин. При поддержании в выпускном канале давления 116 Па энергоустановка на топливных элементах должна включаться и выключаться при помощи средств автоматического управления, а пуск энергоустановки на топливных элементах должен происходить без чрезмерной задержки.

2) Энергоустановка на топливных элементах должна успешно пускаться при воздействии потока воздуха со скоростью, изменяющейся от 9 до 54 км/ч включительно.

3) Энергоустановка на топливных элементах должна продолжать работать при воздействии потока воздуха со скоростью от 9 до 54 км/ч включительно.

5.13.5 Выбросы оксида углерода и горючих газов под воздействием ветра для энергоустановки, расположенной внутри помещения

Для энергоустановок на топливных элементах, устанавливаемых внутри помещения и использующих вход вентиляционного воздуха во внешней стене, проверку выделения CO и горючих газов должны проводить при воздействии на оконечную часть воздухозаборника потока воздуха со скоростью

от 9 до 54 км/ч. Поток подается в любом горизонтальном направлении относительно оконечных частей воздухозаборника. Система воздухозаборника подвергается действию потока со скоростью 54 км/ч (134,5 Па — скоростной напор свободного потока, измеренный при помощи трубки Пито в трех местах, расположенных в плоскости, перпендикулярной стене, и делящей пополам воздухозаборную систему). Три указанных местоположения должны находиться на расстоянии 305 мм по горизонтали и вертикали от оконечных частей системы воздухозабора. Энергоустановка на топливных элементах должна работать при номинальном расходе впуска до тех пор, пока не будет достигнута постоянная температура выхлопных газов. При использовании указанного диапазона скоростей ветра выделения CO и горючих газов измеряют, как минимум, три раза в течение 15 мин. Средние значения должны рассматривать как значения концентрации для данных испытаний и анализировать для того, чтобы установить соответствие концентрации оксида углерода требованиям 4.4.13, а также того, что концентрация горючих газов находится ниже уровня 25 % от нижнего предела воспламеняемости.

После калибровки источника ветра, параллельного стене, источник ветра или испытательная стенка должны поворачиваться, чтобы направить поток воздуха под другими углами по усмотрению организации, выполняющей оценку соответствия изделия.

При ветре, направленном перпендикулярно стене, энергоустановка на топливных элементах должна работать до тех пор, пока не будет достигнута постоянная температура выхлопного газа. Должно применяться любое из испытаний, указанных в 5.13.4 b).

При использовании метода 1 [5.13.4 b)] давление в выпускном канале должно варьироваться от 0 до 116 Па.

При применении данного диапазона давлений в выпускном канале должно отбираться и анализироваться достаточное количество проб выходящих газов для того, чтобы установить соответствие концентрации оксида углерода требованиям 4.4.13, а также того, что концентрация горючих газов находится ниже уровня 25 % от нижнего предела воспламеняемости.

При использовании метода испытаний 2 [5.13.4 b)] номинальные скорости потока воздуха, производимого источником ветра, откалиброванным в соответствии с 5.13.2, должны варьироваться от 9 до 54 км/ч включительно. При применении данного диапазона скоростей ветра должны отобрать и проанализировать достаточное количество образцов выходящих газов для того, чтобы установить соответствие концентрации оксида углерода требованиям 4.4.13, а также того, что концентрация горючих газов находится ниже уровня 25 % от нижнего предела воспламеняемости.

5.13.6 Выбросы оксида углерода и горючих газов под воздействием ветра для энергоустановки, расположенной вне помещения

Для энергоустановок на топливных элементах, устанавливаемых вне помещения, проверку выделения оксида углерода (CO) и горючих газов должны производить в тот момент, когда установка подвергается действию ветра, имеющего скорость, от 9 до 54 км/ч включительно. Поток воздуха, создаваемый нагнетателем достаточной производительности для развития тяги, создающей скорость потока до 54 км/ч включительно, должен быть направлен к внешней поверхности энергоустановки на топливных элементах в точках, которые организация, проводящая оценку соответствия изделия, считает наиболее важными. Нагнетатель должен быть расположен таким образом, чтобы однородный воздушный поток, охватывающий всю запланированную площадь внешней поверхности, был направлен горизонтально по направлению к энергоустановке на топливных элементах при заданной величине скорости, измеренной в вертикальной плоскости на расстоянии 0,5 м от наветренной поверхности энергоустановки на топливных элементах. Энергоустановка на топливных элементах должна работать при номинальном расходе впуска до тех пор, пока не будет достигнута постоянная температура выхлопных газов. При использовании указанного диапазона скоростей воздушного потока выделения CO и горючих газов измеряют как минимум три раза в течение 15 мин. Средние значения должны рассматривать как значения концентрации для данных испытаний и анализировать для того, чтобы установить соответствие концентрации оксида углерода требованиям 4.4.13, а также того, что концентрация горючих газов находится ниже уровня 25 % от нижнего предела воспламеняемости.

5.14 Испытание на устойчивость к воздействию дождя

5.14.1 Для установок, предназначенных для работы вне помещения, испытания, моделирующие дождь, должны проводить эквивалентно минимальному классу защиты IP 3 (вторая характеристическая цифра 3), как указано в МЭК 60529, или более высоким классом IP, заявленным изготовителем. Соответствие определяется в 5.14.3.

5.14.2 Для установок, предназначенных для работы внутри помещения и оснащенных горизонтально расположенной воздухозаборной и выпускной системой, искусственный дождь должен прикладываться к оконечной части канала. Используется метод испытаний, указанный в 14.2.3 МЭК 60529. Соответствие определено в 5.14.3.

5.14.3 Энергоустановка на топливных элементах должна пускаться и нормально работать без возникновения повреждений или нарушений нормальной работы каких-либо частей, которые могли бы привести к созданию опасных состояний при прохождении испытаний, моделирующих дождь.

После завершения воздействия искусственного ливня не должно быть признаков повреждений или неисправностей каких-либо частей энергоустановки на топливных элементах, а также вредоносного скопления воды в какой-либо части энергоустановки на топливных элементах. При проведении этих испытаний вода не должна проникать в электрический отсек выше любой части, работающей под напряжением, или его смачивать, за исключением случаев проверки электрической прочности изоляции обмотки двигателя при условии, что двигатель(и) изготовлен(ы), расположен(ы) или защищен(ы) таким образом, чтобы обмотка двигателя не подвергалась прямому воздействию воды.

5.15 Выбросы

5.15.1 Общие положения

Эти испытания проводят при максимальном противодавлении, вызванном длиной выпускного канала.

5.15.2 Выбросы оксида углерода (CO) и горючих газов

5.15.2.1 Общие положения

Выбросы оксида углерода, измеренные на выходе энергоустановки на топливных элементах, не должны превышать 0,03 % CO в деаэрированной пробе отходящих газов в соответствии с испытаниями по 5.15.2.2 и 5.15.2.3, а концентрация горючих газов должна быть ниже 25 % нижнего предела воспламеняемости в отходящих газах в соответствии с испытаниями по 5.15.2.2 и 5.15.2.3.

5.15.2.2 Блокирование выхода отработанных газов

Должна проводиться проверка выбросов CO и горючих газов на выходе отработанных газов энергоустановки на топливных элементах при любой степени блокировки выхода до полного закрытия включительно. Энергоустановка на топливных элементах должна работать при номинальном расходе топлива на входе в течение не менее 15 мин. Если в состав энергоустановки на топливных элементах входит средство управления для автоматического прекращения основной подачи топлива при блокировании выхода, площадь выхода отработанных газов должна постепенно уменьшаться до наименьшего, при котором средство управления остается в открытом положении.

При таком блокировании выхода сразу после достижения теплового равновесия должны измерить уровень выбросов. Эти измерения должны проводить, как минимум, три раза в течение 15 мин. Для оценки значения концентраций для этих испытаний должны рассматривать среднее значение.

5.15.2.3 Блокирование подачи воздуха

Это испытание применяют к установкам внутри помещения, в которых используют подвод воздуха, при котором воздух забирается извне через специальную трубу, а затем направляется в энергоустановку на топливных элементах для технологических целей. Должны проводить проверку выбросов CO и горючих газов при произвольной степени блокировки подачи воздуха в энергоустановке на топливных элементах до полного закрытия включительно. Энергоустановка на топливных элементах должна работать при номинальном расходе топлива на входе в течение как минимум 15 мин. Если в состав энергоустановки на топливных элементах входит средство управления для автоматического прекращения основной подачи топлива при блокировании выхода, площадь подачи воздуха должна постепенно уменьшаться до наименьшего значения, при котором средство управления остается в открытом положении. При таком блокировании подачи сразу после достижения теплового равновесия должны измерить уровень выбросов. Эти измерения должны проводить как минимум три раза в течение 15 мин. Средние значения должны рассматривать как значения концентрации для этих испытаний.

5.15.3 Нормальные условия

Эти испытания применяют к энергоустановкам, устанавливаемым как внутри, так и вне помещения.

Проверку выбросов CO должны проводить при свободном выходе отработавших газов энергоустановки на топливных элементах. Энергоустановка на топливных элементах должна работать при нормальном напряжении и номинальном потребляемом расходе топлива на входе в течение как минимум 15 мин. Затем выполняют анализ отходящих газов.

Эти испытания повторяют при минимальном подводе тепла, допускаемом устройствами управления, если воспламенение возможно в данных условиях.

5.16 Испытания с блокированием отвода конденсата

Энергоустановка на топливных элементах, имеющая систему(ы) отведения конденсата, должна, в условиях блокирования дренажных линий конденсата, продолжать удовлетворительно работать или выключиться во время проведения следующего испытания.

Систему отведения конденсата должны монтировать в соответствии с инструкциями по монтажу, предоставленными изготовителем. Дренажные линии конденсата должны блокироваться в самой узкой точке системы или выше по течению. Если система отведения конденсата снабжена отверстием перелива, блокирование должно производиться вверх по течению от отверстия перелива или отверстие должно быть заглушено.

Энергоустановка на топливных элементах должна работать при нормальном(ых) расходе(ах) и нормальном испытательном давлении на входе. Система(ы) отведения конденсата должна заполняться до максимального уровня воды, который может быть достигнут, или до уровня, за которым следует отключение установки (метод заполнения должны выбирать по усмотрению организации, проводящей испытания). Во время заполнения следует контролировать выбросы. В любой момент времени при испытаниях в атмосфере с нормальным содержанием кислорода концентрация оксида углерода в деаэрированном образце отходящих газов не должна превышать 0,03 %, или энергоустановка на топливных элементах должна прекратить работу. Также горючий газ не должен выделяться во внутренние отсеки энергоустановки на топливных элементах или в окружающую среду.

Энергоустановка на топливных элементах не должна представлять собой опасность поражения электрическим током для персонала, как определено в испытаниях по электробезопасности по 5.18. Энергоустановка на топливных элементах, которая не может работать в условиях заблокированных дренажных линий конденсата, должна считаться удовлетворяющей условиям этих испытаний.

5.17 Проверка отвода конденсата

При использовании многих технологий происходит сбор избыточного конденсата, но не все технологии имеют повышенное давление горючих газов. Данное требование следует применять к конденсату, отведенному из потока горючих газов. Конструкция энергоустановки на топливных элементах, которой необходима выпускная дренажная линия, должна быть такой, чтобы конденсатоотделитель заполнялся автоматически, отходящий и/или горючий газ не выделялся из дренажных линий конденсата за конденсатоотделителем с автоматической заливкой при следующих испытаниях.

Эти испытания должны проводить с использованием самого короткого канала, указанного изготовителем этих устройств. В качестве материала канала следует использовать материал, указанный изготовителем энергоустановки на топливных элементах, и этот материал должен иметь наименьшую теплопроводность от отводимого газа к воздуху.

Конденсатоотделители, если они предусмотрены, или их поставляют в составе энергоустановки на топливных элементах, или согласно инструкциям по монтажу обеспечивает организация, выполняющая монтаж, должны монтироваться в соответствии с инструкциями по монтажу, предоставленными изготовителем. Не допускается заполнять устройства улавливания водой до проведения этих испытаний.

Эти испытания должны проводить в условиях, предусматривающих в том числе и максимальную блокировку газохода, при этом энергоустановка на топливных элементах должна оставаться работоспособной. Этот пункт следует считать выполненным, если отходящие или горючие газы не выделяются из дренажных линий конденсата.

5.18 Испытания на электробезопасность

Электробезопасность энергоустановки на топливных элементах должна проверяться на соответствие требованиям стандартов, указанных в 4.7. Компоненты, подключаемые к электрической цепи, которые не были разрешены к применению стандартом по электробезопасности, должны соответствовать требованиям 4.7.

5.19 Испытания на ЭМС

Энергоустановка на топливных элементах должна проходить испытания в соответствии со стандартами, указанными в 4.8.

5.20 Испытания на герметичность выпускной системы

Эти испытания применяют к энергоустановкам на топливных элементах, работающим на природном газе.

Все соединения и стыки выпускной системы должны быть герметичными. Это требование можно считать выполненным в том случае, если объем утечки из системы не превышает предельных значений, указанных ниже.

Выпускная система, работающая при отрицательном внутреннем давлении, не должна проходить процедуру, описанную в данном подразделе.

При проведении этих испытаний вся выпускная система, за исключением оконечного устройства, должна быть изолирована от остальной части энергоустановки на топливных элементах и, если применимо, герметизироваться в соответствии с инструкциями изготовителя.

Изготовитель должен поставить подходящую испытательную арматуру, которая должна герметично подсоединяться ко входу выпускной системы. Эта испытательная арматура также имеет входной кран, который должен подключаться к источнику воздуха под давлением и устройству измерения давления для измерения внутреннего давления системы. Это устройство должно иметь точность ± 2,0 % диапазона измерений и такой диапазон измеряемых давлений, чтобы рабочее давление находилось в средней части шкалы.

Должна быть возможность подачи чистого сухого воздуха, который проходит через измерительное устройство и через арматуру подачи воздуха попадает в выпускную систему.

Внутреннее давление воздуха в выпускной системе должны поддерживать на уровне 0,5 кПа или превышать в два раза величину расчетного давления, указанную изготовителем, в зависимости от того, какое из этих значений больше. Интенсивность утечки следует измерять в кубических метрах в час (кубические футы в час).

Этот пункт должен считаться выполненным, если объем утечки не превышает 2 % от общего объема отходящих газов. Эту величину следует определять по следующей формуле:

$$L = 0{,}02 \cdot I \cdot V,$$

где L — допустимая интенсивность утечки из выпускной системы, $м^3/ч$ (ft^3/h);

I — потребление топливного газа, МДж/ч (kBTU/h);

V — 0,4026 $м^3$/МДж (15 ft^3/kBTU) потребляемого газа. Значение базируется на 50 %-ном избытке воздуха, добавляемого к отходящим газам.

Примечание — При расчетах в ваттах (Вт) допустимые значения интенсивности утечки в кубических сантиметрах в секунду ($см^3/с$) могут определять путем умножения значения потребления топливного газа в киловаттах (кВт) на 8,05.

5.21 Испытания на герметичность (повторные)

Энергоустановка на топливных элементах должна проходить повторные испытания на герметичность в тех же условиях испытаний, как указано в 5.4.

6 Контрольные испытания

6.1 Необходимо проводить контрольные испытания всех произведенных установок. Для получения необходимых рабочих условий эти испытания следует проводить в среде, моделирующей область применения энергоустановки на топливных элементах, для которой предназначена эта энергоустановка на топливных элементах. В частности, при контрольных испытаниях окружающая среда испытаний должна обеспечивать сопряжения на границах энергоустановки, соответствующие проектному применению энергоустановки на топливных элементах. Рекомендуемый порядок проведения контрольных испытаний описан ниже.

Если типовые испытания проводят в непосредственной связке с первоначальным пуском и процедурой кондиционирования энергоустановки на топливных элементах, то энергоустановку подключают к оборудованию для кондиционирования в рабочих условиях, указанных изготовителем.

Следующие контрольные испытания должны быть выполнены на всех энергоустановках на топливных элементах.

Требуется проведение испытания каждой энергоустановки на топливных элементах для определения герметичности деталей и компонентов, находящихся под давлением, включая стыки и соединения. Это испытание применяется к системам с опасными текучими средами.

Испытания на герметичность должны проводить либо в соответствии с 5.4, либо по методике, в соответствии с которой в энергоустановках должны повышать давление с использованием соответствующего сухого газа (например, воздуха или азота), превышающее указанную величину давления, затем их герметизируют и оставляют в таком состоянии более 10 мин. Величина утечки, рассчитанная по разности давления между давлением до начала и после окончания этого периода с использованием следующей формулы, не должна превышать заданное значение:

$$L_1 = V \cdot T_0/p_0 \cdot \{(p_1 + pa_1) / (T_0 + T_1 - 15) + (p_2 + pa_2) / (T_0 + T_2 - 15)\} \cdot 60/t,$$

где L_1 — утечка газа из установки, м^3/ч;

V — объем внутреннего пространства в зоне повышенного давления, м^3 (газовый объем за исключением объема внутренней конструкции);

T_0 — стандартная температура 288,15 К (15 °С);

T_1 — температура внутреннего пространства в начале измерений, °С;

T_2 — температура внутреннего пространства в конце измерений, °С;

p_0 — стандартное давление 101,325 кПа (1 ат);

p_1 — давление в начале измерений, кПа;

p_2 — давление в конце измерений, кПа;

pa_1 — атмосферное давление в начале измерений, кПа;

pa_2 — атмосферное давление в конце измерений, кПа;

t — время измерений, мин.

Для энергоустановок с установленными предохранительными клапанами изменение испытательного давления с уровня, указанного в 5.4, до 85 %-ного давления срабатывания предохранительных клапанов допускается по взаимному согласованию между изготовителем и организацией, проводящей испытания.

6.2 Проверку нормальной работы осуществляют в соответствии с 5.6.

6.3 Проверку электрической прочности проводят в соответствии с требованиями стандартов, указанных в 4.7.

6.4 В соответствии с планом выборочного контроля должны быть выполнены следующие испытания:

- проверка работы горелки, как описано в 5.9.1;
- оценка выбросов оксида углерода (CO) во время проверки работы горелки, как описано в 5.9.1. Предельные значения должны соответствовать требованиям 4.4.13.

7 Маркировка и упаковка

7.1 Общие требования

Энергоустановка должна быть промаркирована в соответствии с применимыми разделами ИСО 3864-2. Методы маркировки и оформления должны обеспечивать долговечность маркировки и подходить для данной области применения.

7.2 Маркировка энергоустановки на топливных элементах

На каждой энергоустановке на топливных элементах должна быть прикреплена табличка с техническими данными или комбинация смежных этикеток, расположенных таким образом, чтобы их можно было легко прочитать при нормальном положении энергоустановки на топливных элементах.

В маркировке должны быть четко указаны любые ограничения по применению, в частности ограничение, в соответствии с которым энергоустановку на топливных элементах следует устанавливать только в зонах с достаточной вентиляцией.

Табличка технических данных/этикетки должна содержать следующую информацию:

a) наименование (с торговым знаком) и местоположение производителя;

b) номер модели или торговая марка;

c) серийный номер и год изготовления энергоустановки на топливных элементах;

d) потребляемая электрическая мощность, если используется (напряжение/род тока/частота/фаза/потребляемая мощность);

e) выходная электрическая мощность (напряжение/род тока/частота/фаза/номинальная мощность/коэффициент мощности), кВА;

f) тип топлива, используемый энергоустановкой на топливных элементах;

g) диапазон давлений в линии подачи топлива;

h) потребление топлива при номинальной мощности, кВт;

i) диапазон температур окружающей среды (минимальные и максимальные температуры) °С, для работы в котором предназначена энергоустановка на топливных элементах;

j) использование внутри или вне помещения;

k) предупреждения для персонала о возможности травмы или повреждения оборудования и требования о соблюдении инструкций по монтажу и эксплуатации.

Если энергоустановка на топливных элементах классифицирована для опасных зон в соответствии с МЭК 60079-10, то на нее должна быть нанесена соответствующая маркировка.

7.3 Маркировка компонентов

Все части, обслуживаемые потребителем, должны быть промаркированы для нахождения соответствующей части на чертежах энергоустановки на топливных элементах в руководстве пользователя.

Предупреждающие знаки должны быть размещены в соответствующих местах для обозначения опасности поражения электрическим током, утечки содержимого из дренажных клапанов, наличия горячих компонентов и опасности механических повреждений. Следует предпочтительно использовать стандартные символы, указанные в ИСО 3864-2.

Устройства управления, визуальные индикаторы и дисплеи (в частности, устройства, связанные с обеспечением безопасности), используемые при взаимодействии человека и машины, должны иметь четкую маркировку относительно назначения этих устройств, которая крепится к устройству или размещается рядом с устройством. Предпочтительнее использовать стандартные символы, приведенные в МЭК 60417 и ИСО 7000.

7.4 Техническая документация

7.4.1 Общие положения

С каждой энергоустановкой на топливных элементах изготовитель должен предоставить информацию, необходимую для безопасного ввода в действие, эксплуатации и обслуживания энергоустановки на топливных элементах; особое внимание должны уделять любым ограничениям по использованию. Эта информация должна быть представлена в виде технической документации, такой как чертежи, диаграммы, графики, таблицы и инструкции, которые необходимо предоставлять на соответствующем носителе данных и на соответствующем языке.

Часть технической информации может быть предоставлена только для квалифицированного персонала, в этом случае изготовитель должен установить критерии определения необходимой квалификации персонала.

Информация, предоставляемая при поставке энергоустановки на топливных элементах, должна содержать:

a) четкое и полное описание оборудования, размещения, монтажа и подключения к источнику(ам) электропитания и других интерфейсов на месте размещения установки;

b) описание физической среды и условий работы (характеристики подводимых топлива и воды и т. д.) в соответствии с 4.1;

c) электрические схемы;

d) информацию (при необходимости):

- по погрузочно-разгрузочным работам, транспортированию и хранению,
- программированию программного обеспечения,
- последовательности выполнения операций,
- периодичности осмотров,

- периодичности и методике проведения проверок работоспособности,
- регулировке, техническому обслуживанию и ремонту, в частности, устройств и схем защиты,
- спецификации на запасные части и рекомендованный перечень запасных частей,
- описание (включая схемы межэлементных соединений) предохранительных устройств, функций блокировки и блокирования предохранительных устройств для потенциально опасных ситуаций,
- описание обеспечения защиты и средств, предусмотренных для временной приостановки действия защиты в случае необходимости (например, при программировании вручную, проверке программы).

7.4.2 Руководство по монтажу

Руководство по монтажу должно предоставлять персоналу, выполняющему монтаж, всю информацию, необходимую для проведения предварительных работ по монтажу энергоустановки на топливных элементах.

В частности, в руководстве должна быть представлена схема или таблица внешних подключений. В данной схеме или таблице следует предоставить полную информацию обо всех внешних подключениях (например, к источнику электропитания, источнику топлива, источнику воды, сигналам управления, выпуску отработанных газов, подключениях вентиляции и т. д.).

Эти инструкции по монтажу должны предоставлять: рекомендации по размещению и проектированию фундамента энергоустановки на топливных элементах; требования к вентиляции; требования к защите от возможных опасностей, вызываемых погодными условиями; рекомендации по высоте размещения фундамента установки относительно высоты подъема паводковых вод; требования к защитному ограждению; требования к допустимым расстояниям от горючих материалов, растительности, пешеходных дорожек, тротуаров, автомобильных дорог и железнодорожных путей; требования к защите от транспортных динамических воздействий.

Помимо вышеперечисленного в руководстве по монтажу должны быть указаны:

- наименование и местоположение производителя или дистрибьютора, а также номер модели энергоустановки на топливных элементах;
- минимальное и максимальное давления подачи топлива и метод определения этих давлений;
- достаточные зазоры по периметру отверстий для подачи воздуха, вентиляции и выпуска отработанных газов;
- достаточное свободное пространство для технического обслуживания, текущего ремонта и надлежащей работы энергоустановки;
- должен ли устанавливаться отстойник или фильтр вверх по потоку от средств управления топливом;
- специальные инструкции для длительных периодов бездействия, если необходимо;
- инструкции с требованиями к выпускной системе, включая воздухозаборную трубу (если используется).

7.4.3 Руководство с информацией для пользователя

Для энергоустановок на топливных элементах, предназначенных для бытового использования, поставщик энергоустановки должен предоставить потенциальному собственнику руководство с информацией для пользователя наряду с любой дополнительной информацией, которая может оказаться полезной при техническом обслуживании (например, адреса импортера, организаций по ремонту оборудования и т. д.).

Руководства с информацией для пользователя должны быть напечатаны или набраны и отформатированы таким образом, чтобы можно было легко выполнять процедуры, содержащиеся в этих руководствах. Для наглядности инструкций необходимо использовать иллюстрации, на которых показаны компоненты энергоустановки на топливных элементах, размеры и зазоры, монтируемые компоненты, точки подключения. Иллюстрации также следует применять для определения местоположения обслуживаемых компонентов и наглядного изображения правильных способов выполнения операций обслуживания.

Если текст заключен в кавычки, он должен быть точно воспроизведен в руководстве с информацией для пользователя.

Руководство с информацией для пользователя должно быть вложено в специальный карман энергоустановки на топливных элементах, или прикреплено при помощи зажима, являющегося частью энергоустановки, или размещено в конверте(ах) с нанесенными инструкциями:

а) для монтажника: прикрепить руководство к поверхности энергоустановки или поместить рядом с энергоустановкой,

в) и/или для потребителя: сохранить руководство для дальнейшего использования.

Каждое руководство с информацией для пользователя должно быть разделено на главы или разделы и содержать оглавление и четко пронумерованные страницы.

В руководстве с информацией для пользователя должна быть следующая информация по безопасности в зависимости от того, какая информация необходима в данном случае:

1) лицевая сторона обложки

Лицевая сторона обложки должна содержать только самые важные инструкции по безопасности для пользователя(ей). На лицевой стороне обложки или, если обложка отсутствует, на первой странице руководства должны быть предупреждающие надписи, заключенные в рамки, как показано на рисунках 5, 6 и 7.

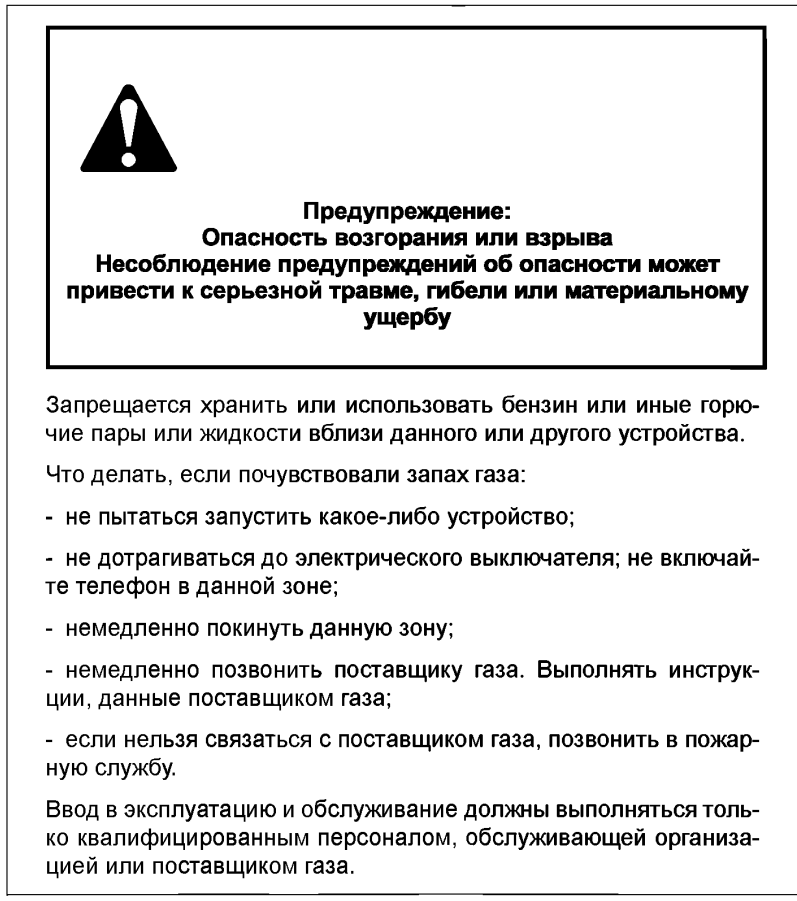


Рисунок 5 — Предупреждающая надпись для энергоустановок, использующих в качестве топлива одорированный газ

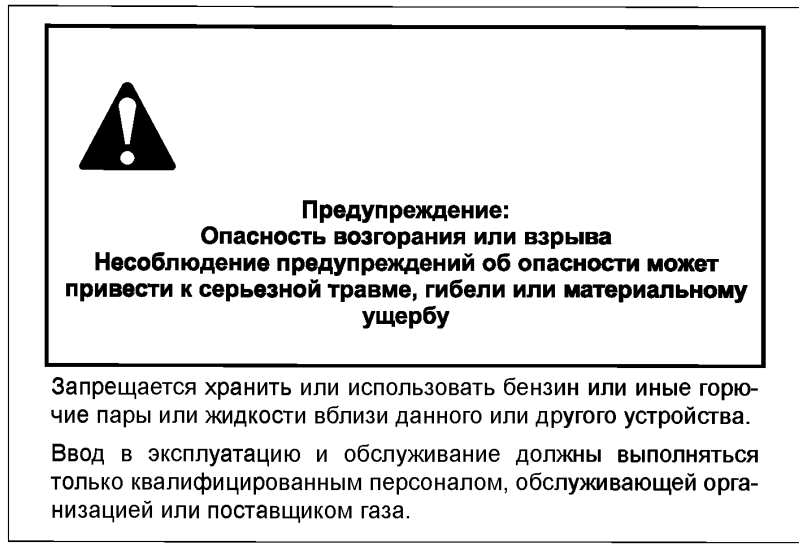


Рисунок 6 — Предупреждающая надпись для энергоустановок, использующих в качестве топлива неодорированный газ

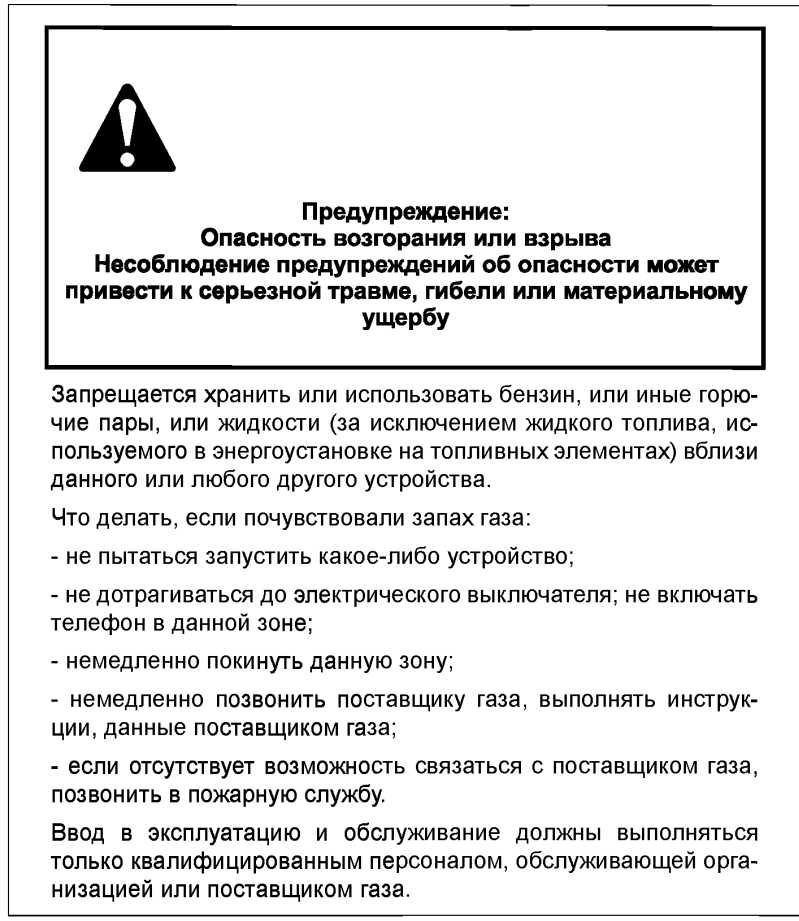


Рисунок 7 — Предупреждающая надпись для энергоустановок, работающих на жидком топливе

Лицевая сторона обложки должна содержать положение, информирующее пользователей о том, что они должны прочитать все инструкции руководства и сохранять все руководства для дальнейшего использования.

2) Раздел по безопасности

Раздел по безопасности должен быть включен в первую часть руководства и предоставлять пользователям энергоустановок на топливных элементах перечень потенциальных рисков и инструкции по безопасности для конкретного типа топливных элементов. Данный раздел должен содержать, как минимум, следующую информацию со ссылками на конкретный раздел или страницу руководства:

a) Указания о необходимости поддержания чистоты на территории, окружающей энергоустановку, и недопустимости наличия горючих материалов, бензина и других легко воспламеняющихся паров и жидкостей.

b) В том случае, если необходим воздух для использования в процессе горения или системе вентиляции, инструкции о недопустимости блокирования или засорения отверстий воздуховодов энергоустановки, сообщающихся с зоной размещения энергоустановки, и о наличии необходимого свободного пространства вокруг энергоустановки для обеспечения забора и выпуска требуемого объема воздуха.

c) Инструкции по пуску и останову энергоустановки. Эти инструкции должны быть проиллюстрированы рисунками и указывать местонахождение всех компонентов интерфейса пользователя.

d) Следующее предписание: «Не используйте данную энергоустановку, если какая-либо часть данной энергоустановки на топливных элементах находилась под водой. Поврежденная водой энергоустановка представляет потенциальную опасность. Попытки использования такой энергоустановки могут привести к возникновению пожара или взрыву». Следует обратиться в соответствующую службу по техническому обслуживанию для осмотра этой энергоустановки и замены всех газорегулирующих устройств, деталей систем управления, электрических компонентов, которые подвергались воздействию воды.

e) Инструкции по периодичности замены или чистки фильтров, а также размерам и типам фильтров для замены. Данные инструкции должны содержать указания по снятию и замене фильтров, они должны быть проиллюстрированы рисунками и указывать местонахождение всех компонентов, поставленных изготовителем, на которые имеются ссылки в инструкциях по замене фильтров.

f) Рекомендуемые способы периодической чистки деталей.

g) Инструкции по проведению осмотра энергоустановки для подтверждения, что:

- все заборные и выпускные отверстия, рассмотренные в 4.5.2 и 4.5.3, чистые и свободны от препятствий,
- физическая опора энергоустановки не повреждена и не имеет трещин, разрывов и т. д. в зоне фундамента, для обеспечения герметизации между опорой и фундаментом,
- отсутствуют явные признаки повреждения энергоустановки.

h) Руководство должно указывать на необходимость проведения пользователем осмотра, описанного в 7.4.3 2) vii), и устанавливать минимальную частоту таких осмотров, а также предписывать проведение периодических осмотров энергоустановки квалифицированным специалистом по техническому обслуживанию.

i) Инструкции, в которых указано на то, что чрезмерное воздействие загрязненного воздуха на энергоустановку на топливных элементах может привести к возникновению проблем, связанных с безопасностью и рабочими характеристиками установки. Инструкции должны содержать репрезентативный перечень загрязняющих веществ.

3) Информация по безопасности, содержащаяся в тексте

Инструкции по безопасности, содержащиеся в тексте, должны иметь ссылки на меры по обеспечению безопасности, приведенные на лицевой обложке и в разделе по безопасности руководства, или включать их в свой состав. Для потенциально опасных ситуаций, описанных в руководстве, необходима разработка дополнительных положений по обеспечению мер предосторожности.

7.4.4 Руководство по эксплуатации

Руководство по эксплуатации должно содержать подробное описание соответствующих процедур по наладке и применению энергоустановки на топливных элементах. Особое внимание следует уделять предусмотренным мерам по обеспечению безопасности и предупреждению предсказуемых ошибочных действий.

Руководство по эксплуатации должно включать раздел по рискам, относящимся к использованию энергоустановки на топливных элементах.

Если работа оборудования может быть запрограммирована, должна быть представлена подробная информация о методах программирования, необходимом оборудовании, проверке работы программы и дополнительных процедурах по обеспечению безопасности (в случае необходимости).

Эти инструкции должны содержать информацию, касающуюся уровня воздушного шума, излучаемого энергоустановкой на топливных элементах, — это либо фактическое значение, либо значение, устанавливаемое на основе измерений, выполненных на аналогичной энергоустановке на топливных элементах.

В том случае, если энергоустановка на топливных элементах предназначена также для использования непрофессиональными операторами, в формулировках и расположении инструкций при соблюдении прочих существенных требований, упомянутых выше, должны быть учтены такие факторы, как ожидаемый общий уровень образования и компетентность такого персонала.

7.4.5 Руководство по техническому обслуживанию

Руководство по техническому обслуживанию должно содержать подробное описание процедур по регулировке, обслуживанию, профилактическому осмотру и ремонту. Рекомендации по ведению журнала технического обслуживания должны быть частью руководства по техническому обслуживанию. Если предусмотрены методы проверки правильности работы (например, программы для тестирования программного обеспечения), должно быть подробно описано использование таких методов.

Данное руководство должно содержать четкие, понятные и исчерпывающие инструкции, охватывающие, как минимум, следующие аспекты:

- инструкции по пуску и останову энергоустановки на топливных элементах. Эти инструкции должны быть проиллюстрированы рисунками и указывать местонахождение всех необходимых компонентов;
- требования к периодичности замены или чистки фильтров, а также размерам и типам фильтров для замены. Данные инструкции должны содержать указания по снятию и замене фильтров, проиллюстрированы рисунками и указывать местонахождение всех компонентов, поставленных изготовителем, на которые имеются ссылки в инструкциях по замене фильтров;
- инструкции, предупреждающие пользователей об осторожном обращении с любыми электрическими компонентами, которые могут иметь остаточное напряжение/энергию после останова, и объясняющие, каким образом можно снизить это напряжение/энергию до безопасного уровня;
- рекомендуемые способы периодической чистки требующих чистки деталей;
- инструкции по смазке подвижных частей, включая тип, марку и количество смазочного материала;
- инструкции по проведению осмотра энергоустановки на топливных элементах для подтверждения:

a) отсутствия грязи и препятствий во впускных и выпускных отверстиях,

b) отсутствия явных признаков физических повреждений энергоустановки на топливных элементах или ее опорных конструкций (фундамента, каркаса и т. д.);

- периодическая проверка системы вентиляции, устройств обнаружения газа и соответствующих функциональных частей;
- перечень деталей для замены, включая информацию, необходимую для заказа запасных или сменных деталей;
- указания о необходимости поддержания чистоты на территории вокруг зоны расположения энергоустановки на топливных элементах и недопустимости присутствия горючих материалов, бензина и других легковоспламеняющихся паров и жидкостей;
- следующее предписание: «Не используйте данную энергоустановку на топливных элементах, если какая-либо часть данной энергоустановки находилась под водой. Немедленно позвоните квалифицированному специалисту по техническому обслуживанию для осмотра этой энергоустановки на топливных элементах и замены функциональной части, находившейся под водой»;
- инструкции и план нейтрализации конденсата, если необходимо.

Руководство по техническому обслуживанию также должно включать в себя перечисление всех работ по текущему техническому обслуживанию, которые должны выполняться на компонентах энергоустановки на топливных элементах и определять необходимость и частоту проведения таких проверок. Руководство по техническому обслуживанию должно предписывать проведение периодических осмотров энергоустановки на топливных элементах, которые должны быть выполнены квалифицированным обслуживающим персоналом.

Приложение А
(справочное)

Значительные риски, опасные ситуации и события, рассмотренные в стандарте

В таблице А.1 приведены значительные опасности, опасные ситуации и события, рассмотренные в данном стандарте, вместе с соответствующим(и) пунктом(ами).

Таблица А.1 — Опасные ситуации и события

Значительные опасности, опасные ситуации и события	Пункт
Механические опасности вследствие:	
Формы (острые поверхности)	4.4
Относительного положения (риск падения/столкновения)	4.4
Массы и устойчивости (потенциальная энергия элементов, которые могут двигаться под действием силы тяжести)	4.4
Массы и скорости (кинетическая энергия элементов при контролируемом или неконтролируемом движении)	4.4, 4.12
Несоответствия механической прочности (несоответствующие характеристики материала или геометрия)	4.4, 4.5, 4.13
Жидкостей под давлением (чрезмерное повышение давления, выброс жидкости под давлением, вакуум)	4.4, 4.5
Опасности поражения электрическим током вследствие:	
Контакта людей с частями под напряжением (прямой контакт)	4.7
Контакта людей с частями, которые оказались под напряжением при неисправности (непрямой контакт)	4.7
Приближения к частям под высоким напряжением	4.7
Электростатических явлений	4.6, 4.7
Электромагнитных явлений	4.8
Тепловых/химических воздействий коротких замыканий, перегрузок	4.7
Выброса расплавленных частиц	4.7
Термические опасности вследствие:	
Контакта людей с поверхностями, имеющими экстремально высокие температуры	4.4
Выброса высокотемпературных жидкостей	4.5
Термической усталости	4.3, 4.5
Перегрева оборудования, приводящего к небезопасной работе	4.9
Опасности, создаваемые материалами и веществами:	
Опасность при контакте с вредными жидкостями, газами, дымом и пылью или при их вдыхании	4.4
Опасность пожара или взрыва вследствие утечки огнеопасных жидкостей	4.6
Опасность пожара или взрыва вследствие накопления внутри оборудования огнеопасной смеси	4.6

Окончание таблицы А.1

Значительные опасности, опасные ситуации и события	Пункт
Опасные ситуации, вызываемые ухудшением характеристик материала (например, коррозия) или накоплением материала (например, засорение)	4.3
Удушье	4.4
Реакционно-способные материалы (пирофорные)	4.4
Опасности, создаваемые неисправностями:	
Небезопасная работа вследствие отказа или несоответствия требованиям программного обеспечения или устройств управления	4.9
Небезопасная работа вследствие отказа цепей управления или компонентов защиты и безопасности	4.9
Небезопасная работа вследствие отключения подачи электроэнергии	4.9
Опасности вследствие несоблюдения эргономических принципов:	
Опасность вследствие не удовлетворяющего требованиям дизайна, расположения или идентификации средств ручного управления	4.9
Опасность вследствие не удовлетворяющего требованиям дизайна или расположения устройств визуального отображения и предупреждающих знаков	4.9
Шум	4.4
Опасности, возникающие при неправильном вмешательстве человека:	
Опасность вследствие отклонения от правильной эксплуатации	4.9, 7.4
Опасность вследствие ошибок при изготовлении/оснащении/монтаже	4.4, 7.4
Опасность вследствие ошибок технического обслуживания	7.4
Умышленная порча	
Опасности, создаваемые условиями окружающей среды:	
Небезопасная работа в условиях чрезвычайной жары/холода	4.13
Дожди, наводнения	4.13
Ветер	4.13
Землетрясение	4.4
Внешний пожар	
Дым	
Снеговая, ледяная нагрузка	4.13
Атака вредителей	
Загрязнение:	
Загрязнение воздуха	4.4
Загрязнение воды	4.4, 4.5
Загрязнение почвы	4.4

Приложение В
(рекомендуемое)

Науглероживание и совместимость материала для работы с водородом

В.1 Науглероживание

Обычное науглероживание — это известная проблема для высокотемпературных сплавов в печах парового риформинга. Она вызвана проникание в материал углерода, источником которого является крекинг углеводорода, что приводит к образованию карбидов внутри металлической матрицы. Протеканию данного процесса способствуют высокие температуры, как правило, выше 800 °С, что, в конечном счете, приводит к потере пластичности.

Известно, что науглероживание сплава ведет к снижению пластичности при температуре окружающей среды. Поглощение углерода приведет к увеличению объема металла и коэффициента расширения, создавая большие внутренние напряжения, что вызывает преждевременный выход оборудования из строя. Как правило, выход из строя происходит из-за разрушения при ползучести и малоцикловой усталости. Если науглероживание значительно, оно также может повлиять на ползучесть при повышенных температурах и на прочностные характеристики. Очевидно, различные сплавы имеют различную устойчивость к науглероживанию.

Скорость науглероживания изменяется в зависимости от параметров:

a) Температура — скорость удваивается примерно вдвое при каждом повышении на 55°.

b) Кинетика реакции регулируется соотношением CO/CO_2 в газе и температурой.

c) Условиями для интенсивного науглероживания являются потоки газа, содержащего $CO/CH_4/H_2$ с низким соотношением пар/углерод, средней температурой (как правило, от 450 °С до 850 °С) и оксидный слой с дефектами.

d) Содержание никеля и кремния — предпочтительны высокие значения содержания.

e) Защитные и восстанавливающие оксидные пленки — в сплаве предпочтительны Cr, Si и Al.

Данные закономерности являются общими и могут не подходить для всех комбинаций материалов/окружающих условий вследствие аномального характера реакций металла.

В.2 Совместимость материала для работы с водородом

В.2.1 Общие положения

Компоненты, в которых проходит технологический процесс с газообразным водородом или водородосодержащей средой, а также все детали, используемые для герметизации или соединения этих компонентов, в рабочих условиях должны быть достаточно устойчивы к химическому и физическому действию водорода.

В.2.2 Металлы и металлические материалы

Пользователи настоящего стандарта должны знать, что конструкционные материалы, подвергающиеся воздействию водорода в условиях эксплуатации этих материалов, могут быть более восприимчивы к коррозии, вызываемой водородом, через различные механизмы, такие как водородное охрупчивание и водородная коррозия. Водородное охрупчивание определено как процесс, приводящий к уменьшению прочности или пластичности металла вследствие проникновения атомарного водорода. Традиционно признается два типа водородного охрупчивания. Первый тип, известный как внутреннее водородное охрупчивание, происходит, если водород проникает в матрицу металла при использовании различных способов обработки материала и происходит перенасыщение металла водородом. Второй тип, внешнее водородное охрупчивание, происходит при абсорбции водорода твердыми металлами из окружающей среды.

Атомарный водород, растворившийся внутри металла, взаимодействует с собственными дефектами металла, как правило, повышая склонность к распространению трещин, что приводит к ухудшению основных свойств, таких как пластичность и трещиностойкость. На трещинообразование в металлах под действием водорода оказывают большое влияние как параметры материала, так и параметры окружающей среды. Микроструктура материала является важным аспектом, поскольку вторичные фазы, которые могут присутствовать или не присутствовать из-за различий в составе или обработке, могут повлиять на стойкость металла к образованию трещин. Вторичные фазы, такие как ферритные строчечные включения в аустенитной нержавеющей стали, могут также иметь необычную ориентацию, приводящую к значительной анизотропии реакции в материалах. Вообще металлы могут обрабатывать таким образом, чтобы получить широкий диапазон прочности; известно, что стойкость к образованию трещин под воздействием водорода снижается по мере возрастания 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 не совсем понятной причине незначительные газовые примеси в водороде также могут влиять на трещинообразование.

Например, влага может оказаться губительной для сплавов алюминия, 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 правило, 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 температуре, близкой к температуре окружающей среды, это явление может влиять на металлы с пространственно-центрированной кубической кристаллической решеткой, например ферритные стали. При отсутствии остаточного напряжения или внешней нагрузки внешнее водородное охрупчивание проявляется в различных формах, таких как образование вздутий, 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 при эксплуатации оборудования во время нанесения гальванического покрытия, контакта с химикалиями, используемыми при техническом обслуживании, реакции коррозии, катодной защиты и во время работы в среде водорода при высокой температуре под давлением.

При температурах свыше 473 °С низколегированные конструкционные стали могут подвергаться водородной коррозии. Это необратимое ухудшение микроструктуры стали, вызванное химической реакцией между диффундирующим водородом и частицами карбида в стали, что приводит к зарождению, росту и слиянию пузырьков метана по границам зерен, в результате чего образуются трещины.

Гидридное охрупчивание происходит в металлах, таких как титан и цирконий, и представляет собой процесс образования термодинамически стабильных и относительно хрупких гидридных фаз внутри структуры. Для сварки плакированных материалов и сварных швов между разнородными материалами часто используют высоколегированные материалы. Во время работы при температурах свыше 250 °С водород диффундирует в границу сплавления между высоколегированным сварочным швом и нелегированным/низколегированным основным материалом.

Во время останова температура материала падает. Сниженная растворимость и диффузионная способность водорода приводит к разрушению сварного шва из-за нарушения связей. Ниже приведены некоторые общие рекомендации для управления риском водородного охрупчивания:

- Необходимо выбирать исходные материалы с низкой склонностью к водородному охрупчиванию путем регулирования химического состава (например, использование карбидных стабилизаторов), микроструктуры (например, использование аустенитной нержавеющей стали) и механических свойств (например, ограничение твердости, предпочтительно ниже 225 HV (твердость по Виккерсу), и сведение к минимуму остаточных напряжений путем термической обработки).

- Целесообразно использовать методику испытаний, описанную в ИСО 11114-4, для того, чтобы выбрать металлические материалы, стойкие к водородному охрупчиванию. В публикации № 941 Американского нефтяного института приведены ограничения для различных типов стали в виде функции давления и температуры водорода. Данные по подверженности водородному охрупчиванию некоторых широко используемых металлов приведены в ИСО/ТО 15916.

- Сварные швы плакированных материалов и швы между разнородными материалами, используемыми при работе с водородом, должны проходить ультразвуковые испытания через регулярные интервалы времени и после неконтролируемых остановов, при которых могло произойти быстрое охлаждение оборудования.

- Следует минимизировать уровень приложенного напряжения и воздействия нагрузок, вызывающих усталость.

- При нанесении покрытий на детали необходимо следить за площадью поверхности анод/катод и производительностью, тем самым обеспечивая должное управление плотностью тока. Высокая плотность тока увеличивает накопление водорода.

- Необходима очистка металлов в некатодных щелочных растворах и в растворах ингибированных кислот.

- Следует использовать абразивные чистящие средства для материалов, имеющих твердость 40 HRC или выше.

- При необходимости целесообразно использовать контрольные проверки технологического процесса для снижения риска водородного охрупчивания во время изготовления.

В.2.3 Полимеры, эластомеры и другие неметаллические материалы

Большинство полимеров могут считаться пригодными для работы с газообразным водородом. Должное внимание следует уделять тому факту, что водород диффундирует через эти материалы намного легче, чем через металлы. Обычно для работы с водородом подходят политетрафторэтилен (ПТФЭ, или Тефлон®) и полихлортрифторэтилен (ПХТФЭ, или Kel-F®). Пригодность других материалов должны проверять. Рекомендации содержатся в ИСО/ТО 15916 и документе NACA NSS 1740.16. В ANSI/AGA 3.1 имеются рекомендации, касающиеся уплотнительных прокладок, мембран и других неметаллических деталей.

Более полную информацию относительно коррозии под действием водорода и технологиям контроля можно найти в следующих стандартах и организациях.

В.2.4 Ссылочные документы

В.2.4.1 Американское общество специалистов по испытаниям и материалам (American Society for Testing and Materials, ASTM)

ASTM B577-93 1 апреля 1993 г.

Стандартные методы испытаний для обнаружения закиси (восприимчивости к водородному охрупчиванию) в меди (Standard Test Methods for Detection of Cuprous Oxide (Hydrogen Embrittlement Susceptibility) in Copper).

ASTM B839-94 1 ноября 1994 г.

Стандартный метод испытания на пониженную хрупкость металлопокрытых деталей с внешней резьбой, крепежных деталей и электрода. Метод с использованием клина отклонения (Standard Test Method for Residual Embrittlement in Metallic Coated, Externally Threaded Articles, Fasteners, and Rod — Inclined Wedge Method).

ASTM B849-94 1 ноября 1994 г.

Стандартные технические условия на предварительную обработку железа или стали для снижения риска водородного охрупчивания (Standard Specification for Pre-Treatments of Iron or Steel for Reducing Risk of Hydrogen Embrittlement).

ASTM B850-98 1 ноября 1998 г.

Стандартные принципы обработки стали после покрытия для снижения риска водородного охрупчивания (Standard Guide for Post-Coating Treatments of Steel for Reducing the Risk of Hydrogen Embrittlement).

ASTM E1681-99 10 апреля 1999 г.

Стандартный метод испытания для определения порога коэффициента интенсивности напряжений для растрескивания металлических материалов под действием окружающей среды (Standard Test Method for Determining a Threshold Stress Intensity Factor for Environment Assisted Cracking of Metallic Materials).

ASTM F1459-93 1 ноября 1993 г.

Стандартный метод определения подверженности металлических материалов охрупчиванию водородным газом (Standard Test Method for Determination of the Susceptibility of Metallic Materials to Hydrogen Gas Embrittlement).

ASTM F1624-00 1 августа 2000 г.

Стандартный метод испытания для измерения порога водородного охрупчивания стали способом пошагового нагружения (Standard Test Method for Measurement of Hydrogen Embrittlement Threshold in Steel by the Incremental Step Loading Technique).

ASTM F1940-01 1 ноября 2001 г.

Стандартный метод испытания для проверки технологического контроля для предотвращения водородного охрупчивания в крепежных деталях с электролитическим/плакированным покрытием (Standard Test Method for Process Control Verification to Prevent Hydrogen Embrittlement in Plated or Coated Fasteners).

ASTM F2078-01 1 ноября 2001 г.

Стандартная терминология для испытания на водородное охрупчивание (Standard Terminology Relating to Hydrogen Embrittlement Testing).

ASTM F326-96 1 ноября 1996 г.

Стандартный метод испытания для электронного измерения водородного охрупчивания процессов электроосаждения кадмия (Standard Test Method for Electronic Measurement for Hydrogen Embrittlement from Cadmium-Electroplating Processes).

ASTM F519-97 1 ноября 1997 г.

Стандартный метод испытания на механическое водородное охрупчивание. Оценка процессов электролитического покрытия/плакирования и рабочих сред (Standard Test Method for Mechanical Hydrogen Embrittlement Evaluation of Plating/Coating Processes and Service Environments).

ASTM G129-00 1 августа 2000 г.

Стандартная методика испытания на замедленную скорость деформации для оценки восприимчивости металлических материалов к растрескиванию под воздействием окружающей среды (Standard Practice for Slow Strain Rate Testing to Evaluate the Susceptibility of Metallic Materials to Environmentally Assisted Cracking).

ASTM G142-98 1 ноября 1998 г.

Стандартный метод испытания для определения восприимчивости металлов к охрупчиванию в водородсодержащих средах при высоком давлении, высокой температуре или при том и другом (Standard Test Method for Determination of Susceptibility of Metals to Embrittlement in Hydrogen Containing Environments at High Pressure, High Temperature or Both).

ASTM G146-01 1 февраля 2001 г.

Стандартная методика оценки нарушения сцепления в пластине стального/биметаллического нержавеющего сплава для использования в водородной среде высокой температуры и высокого давления на нефтеперерабатывающем заводе (Standard Practice for Evaluation of Disbonding of Bimetallic Stainless Alloy/Steel Plate for Use in High-Pressure, High-Temperature Refinery Hydrogen Service).

ASTM G148-97 1 ноября 1997 г.

Стандартный метод определения поглощения, проникновения и транспорта водорода в металлах электрохимическим способом (Standard Practice for Evaluation of Hydrogen Uptake, Permeation, and Transport in Metals by an Electrochemical Technique).

B.2.4.2 Национальная ассоциация инженеров-коррозионистов (The National Association of Corrosion Engineers, NACE)

NACE TM0177-96 23 декабря 1996 г.

Лабораторное испытание металлов на стойкость к сульфидному растрескиванию и коррозионному растрескиванию под напряжением в сероводородсодержащих средах (Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking in H2S Environments).

NACE TM0284-96 30 марта 1996 г.

Стандартный метод испытания. Оценка стойкости стали трубопроводов и сосудов высокого давления к водородному растрескиванию (Standard Test Method — Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking).

B.2.4.3 Американский институт нефтяной промышленности (The American Petroleum Institute)

API RP 941 1 января 1997 г.

Стали для работы в водородной среде при повышенной температуре и давлении на нефтеочистительных и нефтехимических заводах (Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants).

API 934 1 декабря 2000 г.

Требования к материалам и изготовлению стальных толстостенных сосудов под давлением из 2-1/4Cr-1Mo и 3Cr-1 для работы в высокотемпературной водородной среде под давлением (Materials and Fabrication Requirements for 2-1/4Cr-1Mo and 3Cr-1Mo Steel Heavy Wall Pressure Vessels for High Temperature, High Pressure Hydrogen Service).

B.2.4.4 Американское общество специалистов по сварке (American Welding Society, AWS).

ANSI/AWS A4.3-93 1 января 1993 г.

Стандартные методы определения содержания диффундирующего водорода в мартенситной, бейнитной и ферритной стали металла сварного шва в результате дуговой сварки (Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding).

ANSI/AGA NGV3.1-1995

Компоненты топливных элементов для транспортных средств на природном газе (Fuel system components for natural gas powered vehicles)

B.2.4.5 Американское общество инженеров-механиков (The American Society of Mechanical Engineers, ASME)

ASME

Котлы и сосуды высокого давления. Свод правил (Boiler and Pressure Vessel Code).

ASME/ANSI B31.3

Трубопроводы химических и нефтеперерабатывающих заводов (Chemical plant and petroleum refinery piping).

ASME/ANSI B31.1

Энергетические трубопроводы (Power piping).

B.2.4.6 Общество инженеров-автомобилистов (Society of Automotive Engineers, SAE).

SAE/AMS 2451/4 1 июля 1998 г.

Покрытие электролитическим способом, нанесение гальванопокрытия натиранием, покрытие кадмием для защиты от коррозии, низкая водородная хрупкость (Fuel system components for natural gas powered vehicles Plating, Brush, Cadmium Corrosion Protective, Low Hydrogen Embrittlement).

SAE/AMS 2759/9 1 ноября 1996 г.

Понижение водородной хрупкости (спекание) стальных деталей (Hydrogen Embrittlement Relief (Baking) of Steel Parts).

SAE/USCAR 5 1 ноября 1998 г.

Предупреждение водородного охрупчивания стали (Avoidance of Hydrogen Embrittlement of Steel).

B.2.4.7 Международная организация по стандартизации, ИСО (International Standards Organization, ISO)

ISO 2626:1973

Медь. Определение водородной хрупкости (Copper — Hydrogen embrittlement test).

ISO 3690:2000

Сварка и смежные процессы. Определение содержания водорода в металле шва при сваривании ферритной стали дуговой сваркой Welding and allied processes — Determination of hydrogen content in ferritic steel arc weld metal).

ISO 7539-6:2002

Коррозия металлов и сплавов. Испытание на коррозию под напряжением. Часть 6. Приготовление и использование образцов, подвергнутых предварительно растрескиванию, для испытаний при постоянной нагрузке или перемещении (Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing — Part 6: Preparation and use of pre-cracked specimens for tests under constant load or constant displacement).

ISO 9587:2007

Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Предварительная обработка чугуна или стали для снижения риска водородного охрупчивания (Metallic and other inorganic coatings — Pretreatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement).

ISO 9588:2007

Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Обработка чугуна или стали после покрытия для снижения риска водородного охрупчивания (Metallic and other inorganic coatings — Post-coating treatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement).

ISO 11114-4:2005

Баллоны газовые переносные. Совместимость материалов баллонов и клапанов с содержимым газом. Часть 4: Методы испытаний для выбора металлических материалов, стойких к водородному охрупчиванию (Transportable gas cylinders — Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents — Part 4: Test methods for selecting metallic materials resistant to hydrogen embrittlement).

ISO 15330:1999

Детали крепежные. Испытание на предварительную нагрузку для обнаружения водородного охрупчивания. Метод с применением параллельных несущих поверхностей (Fasteners — Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement — Parallel bearing surface method).

ISO 15724:2001

Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Электрохимическое измерение диффундирующего водорода в сталях. Метод с применением задающего электрода (Metallic and other inorganic coatings — Electrochemical measurement of diffusible hydrogen in steels — Barnacle electrode method).

B.2.4.8 Европейские стандарты

BS 7886 1 января 1997 г.

Метод измерения водородного проникания, поглощения и транспорта водорода в металлах электрохимическим способом (Metod of Measurement of Hydrogen Permeation and the Determination of hydrogen Uptake and Transport in Metals by an Electrochemical Technique).

DIN 8572-1 1 марта 1981 г.

Сварка электродуговая ручная. Определение диффундируемого водорода в наплавленном металле (Determination of diffusible hydrogen in weld metal — Manual arc welding).

DIN 8572-2 1 марта 1981 г.

Сварка под флюсом. Определение диффундируемого водорода в наплавленном металле (Determination of diffusible hydrogen in weld metal — Submerged arc welding).

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам Российской Федерации (и действующим в этом качестве межгосударственным стандартам)

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 60079-0	IDT	ГОСТ Р МЭК 60079-0—2011 «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования.»
МЭК 60079-2	IDT	ГОСТ IEC 60792-2—2013 «Взрывоопасные среды. Часть 2. Оборудование с видом взрывозащиты «оболочки под избыточным давлением «р»»
МЭК 60079-10	IDT	ГОСТ Р 51330.9—99 (МЭК 60079-10—95) «Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон».
МЭК 60079-29-1	IDT	ГОСТ IEC 60079-29-1—2013 «Взрывоопасные среды. Часть 29-1. Газоанализаторы. Требования к эксплуатационным характеристикам газоанализаторов горючих газов»
МЭК 60079-30-1	IDT	ГОСТ IEC 60079-30-1—2011 «Взрывоопасные среды. Резистивный распределенный электронагреватель. Часть 30-1. Общие технические требования и методы испытаний»
МЭК 60204-1	IDT	ГОСТ Р МЭК 60204-1—2007 «Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования»
МЭК 60335-1	MOD	ГОСТ Р 52161.1—2004 (МЭК 60335—2001) «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 1. Общие требования»
МЭК 60335-2-51	IDT	ГОСТ Р МЭК 60335-2-51—2000 «Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Дополнительные требования к стационарным циркуляционным насосам для отопительных систем водоснабжения и методы испытаний»
МЭК 60417	—	*
МЭК 60529:1989	—	*
МЭК 60730-1	IDT	ГОСТ Р МЭК 60730-1—2002 «Автоматические электрические управляющие устройства бытового и аналогичного назначения. Общие требования и методы испытаний»
МЭК 60730-2-5	IDT	ГОСТ IEC 60730-2-5 «Автоматические электрические управляющие устройства бытового и аналогичного назначения. Часть 2-5. Дополнительные требования к автоматическим электрическим устройствам управления горелками»
МЭК 60730-2-6	—	*
МЭК 60730-2-7	IDT	ГОСТ IEC 60730-2-7—2011 «Автоматические электрические управляющие устройства бытового и аналогичного назначения. Часть 2-7. Частные требования к таймерам и временным переключателям»

Продолжение таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 60730-2-9	IDT	ГОСТ IEC 60730-2-9—2011 «Автоматические электрические управляющие устройства бытового и аналогичного назначения. Часть 2-9. Частные требования к термочувствительным управляющим устройствам»
МЭК 60950-1:2005	IDT	ГОСТ Р МЭК 60950-1—2009 «Оборудование информационных технологий Требования безопасности. Часть 1. Общие требования»
МЭК 61508	IDT	ГОСТ Р МЭК 61508 «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью»
МЭК 61000-3-2	MOD	ГОСТ Р 51317.3.2—2006 (МЭК 61000-3-2:2005) «Совместимость технических средств электромагнитная. Эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе). Нормы и методы испытаний»
МЭК 61000-3-3	MOD	ГОСТ 30804.3.3—2013 (IEC 61000-3-3:2008) «Совместимость технических средств электромагнитная. Ограничение изменений напряжения, колебаний напряжения и фликера в низковольтных системах электроснабжения общего назначения. Технические средства с потребляемым током не более 16 А (в одной фазе), подключаемые к электрической сети при несоблюдении определенных условий подключения. Нормы и методы испытаний»
МЭК 61000-3-4	—	*
МЭК 61000-3-5	—	*
МЭК 61000-3-11	—	*
МЭК 61000-6-1	MOD	ГОСТ Р 51317.6.1—2006 (МЭК 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»
МЭК 61000-6-2	MOD	ГОСТ 30804.6.2—2013 (IEC 61000-6-2:2005) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых в промышленных зонах. Требования и методы испытаний»
МЭК 61000-6-3	MOD	ГОСТ 30804.6.4—2013 (IEC 61000-6-4:2006) «Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитные помехи от технических средств, применяемых в жилых, коммерческих зонах и производственных зонах с малым энергопотреблением. Нормы и методы испытаний»
МЭК 61000-6-4	MOD	ГОСТ 30804.6.4—2013 (IEC 61000-6-4:2006) «Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитные помехи от технических средств, применяемых в промышленных зонах. Нормы и методы испытаний»
МЭК 61508	—	*
МЭК 62040-1	MOD	ГОСТ Р МЭК 62040-1-2—2009 «Источники бесперебойного питания (ИБП). Часть 1-2. Общие требования и требования безопасности для ИБП, используемых в зонах с ограниченным доступом»

Окончание таблицы ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 62061	IDT	ГОСТ Р МЭК 62061—2013 «Безопасность оборудования. Функциональная безопасность систем управления электрических, электронных и программируемых электронных, связанных с безопасностью»
МЭК/ТУ 62282-1	—	*
МЭК 62282-3-3	—	*
ИСО 3864-2	—	*
ИСО 4413	—	*
ИСО 4414	—	*
ИСО 5388	—	*
ИСО 7000	—	*
ИСО 10439	—	*
ИСО 10440-1	—	*
ИСО 10440-2	—	*
ИСО 12499	—	*
ИСО 13631	MOD	ГОСТ Р 54802—2011 (ИСО 13631:2002) «Нефтяная и газовая промышленность. Компрессоры поршневые газовые агрегатированные. Технические требования»
ИСО 13709	—	*
ИСО 13849-1		ГОСТ Р ИСО 13849-1—2003 «Безопасность оборудования. Элементы систем управления, связанные с безопасностью. Часть 1. Общие принципы конструирования»
ИСО 13850	—	*
ИСО 14847	—	*
ИСО 15649	—	*
ИСО 16111	—	*
ИСО 23550	—	*
ИСО 23551-1	—	*
ИСО 23553-1	—	*
ИСО 26142	—	*
ЕН 50178	IDT	ГОСТ Р ЕН 1870-1—2011 «Безопасность деревообрабатывающих станков. Станки круглопильные. Часть 1. Станки круглопильные универсальные (с подвижным столом и без), станки круглопильные форматные и станки круглопильные для строительной площадки»

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов.

Примечание — В настоящей таблице использованы следующие обозначения степени соответствия стандартов:

- IDT — идентичный стандарт;
- MOD — модифицированный стандарт.

Библиография

[1] ASME B31.12 Hydrogen piping and pipelines (Трубы и трубопроводы для водорода)

[2] IEC 60079-20-1 Explosive atmospheres — Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification — Test methods and data (МЭК 60079-20-1 Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред. Часть 20-1. Характеристики материалов для классификации газа и пара. Методы испытания и данные)

[3] IEC 60812 Analysis techniques for system reliability — Procedure for failure mode and effects analysis (МЭК 60812 Техника анализа надежности систем. Метод анализа вида и последствий отказа)

[4] IEC 61025 Fault tree analysis (FTA) (МЭК 61025 Анализ диагностического дерева неисправностей)

[5] IEC 61511-1 Functional safety — Safety instrumented systems for the process industry sector — Part 1: Framework, definitions, system, hardware and software requirements (МЭК 61511-1 Безопасность функциональная. Система безопасности, обеспечиваемая приборами для сектора обрабатывающей отрасли промышленности. Часть 1. Требования к структуре, определениям, системе и программному и аппаратному обеспечению)

[6] ISO/TR 15916 Basic consideration for the safety of hydrogen systems (Основные требования безопасности водородных систем)

[7] SAE J1739 Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effect Analysis in Manufacturing and Assembly Process (Process FMEA) and Effect Analysis for Machinery (Machinery FMEA) (Отказ систем и анализ последствий (ОСАП) в разработке, ОСАП в производстве и сборке и ОСАП механизмов)

УДК 620.93:006.354 ОКС 27.070 ОКП 31 1000

Ключевые слова: технологии топливных элементов, безопасность, водород, топливные элементы, стационарная энергоустановка, энергоустановка на топливных элементах

Редактор *А.А. Микрюков*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 16.03.2015. Подписано в печать 24.08.2015. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 7,60. Тираж 33 экз. Зак. 2866.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.

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

gost.e-ecolog.ru